



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS - GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS



Ariosto Céleo de Araújo

Viabilidade econômica e sanitária do cultivo da alface em
sistema hidropônico com diferentes tipos de água

Campina Grande, PB

2017

Ariosto Céleo de Araújo

Viabilidade econômica e sanitária do cultivo da alface em
sistema hidropônico com diferentes tipos de água

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, como requisito para obtenção do título de “Mestre em Recursos Naturais”.

Orientadora: Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima

Campina Grande, PB

2017

ARIOSTO CÉLEO DE ARAÚJO

Viabilidade econômica e sanitária do cultivo da alface em
sistema hidropônico com diferentes tipos de água

Aprovado em: 31/03/2017

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora: Prof^a. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima

Prof. Dr. José Dantas Neto

Dra. Josilda de França Xavier

Agradecimentos

À minha família:

A minha companheira, Shirley Lins Silva por toda paciência e apoio em toda minha trajetória acadêmica e pessoal.

Meus pais; Edileuza de Oliveira Araújo e Sebastião de Araújo por toda dedicação depositada ao longo de minha vida;

Meu irmão, Afrânio César de Araújo pelo auxílio no decorrer do estudo e toda ajuda na minha vida pessoal.

À minha orientadora, Vera Lúcia Antunes de Lima, que conduziu este estudo e tão bem me auxiliou a superar os inúmeros entraves, com conhecimento e serenidade.

Ao professor José Dantas Neto, por toda dedicação e serenidade.

A Josilda de França Xavier e José Emídio de Albuquerque Júnior, pelo valioso auxílio prestado no decorrer da pesquisa.

À UEPB, EMEPA, ESTRABES e a todos que participaram operacionalmente da condução do experimento.

À Coordenação de Pós-Graduação em Recursos Naturais e a CAPES, bem como a todos os colegas que fizeram parte deste breve período de minha formação acadêmica.

.

MUITO OBRIGADO!

EPÍGRAFE

Eu não sei o que quero ser, mas sei muito bem o que
não quero me tornar. (Friedrich Nietzsche)

SUMÁRIO

Lista de figuras	9
Lista de tabelas	10
Resumo	11
Abstract.....	12
1. Introdução	13
2. Objetivo geral.....	15
2.2. Objetivos específicos	15
4. Revisão bibliográfica	16
4.1. Agricultura moderna	16
4.2. Agricultura familiar	17
4.3. A água como recurso natural	18
4.4. Aspectos sociais do reuso da água	20
4.5. Águas residuais	22
4.6. Qualidade da água na agricultura.....	25
4.7. Tratamento de efluentes	26
4.8. Águas salobras	28
4.9. Hidroponia	29
4.9.1. A cultura da alface	30
4.9.2. Leis e diretrizes que regem a utilização de efluentes.....	31
5. Materiais e métodos.....	33
5.1. Preparo e manejo das soluções nutritivas	35
5.2. Formulação e calibração das soluções nutritivas	37
5.3. Semeadura da alface	37
5.4. Variáveis analisadas.....	38
5.5. Análise microbiológica	39
5.5.1. Coliformes totais.....	39
5.5.2. Coliformes termotolerantes.....	39
5.6. Viabilidade econômica	40
5.7. Custos de produção	40
5.8. Depreciações da estufa e equipamentos.....	41

5.9. Indicadores de rentabilidade	41
5.9.1. Análise estatística	43
6. Resultados e discussões	44
6.1. Produção da alface	48
6.2. Qualidade microbiológica da alface crespa hidropônica cultivada com diferentes soluções.....	55
6.3.1. Viabilidade econômica.....	58
6.4. Rentabilidade da produção.....	61
7. Considerações finais	67
8. Referências	69

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Reator UASB na estação de tratamento EXTRABES. Campina Grande, PB, 2016.	Pg.33
FIGURA 2	Córrego com esgoto no município de Lagoa Seca, PB, 2015.	Pg.34
FIGURA 3	Divisão em berçário das três cultivares da alface (Verônica, Vanda e Thaís). Lagoa Seca, PB, 2015.	Pg.35
FIGURA 4	Mudas da alface duas semanas após a semeadura. Lagoa Seca, PB, 2015.	Pg.38
FIGURA 5	Teste presuntivo (A), Confirmativo (B) e Completo (C) para avaliação de contaminação microbiológica. Lagoa Seca, PB, 2015.	Pg.39
FIGURA 6	Número de Folhas (NF) da alface em função do desdobramento da interação entre soluções nutritivas S ₁ ; S ₂ ; S ₃ ; S ₄ ; S ₅ ; S ₆ e S ₇ e cultivares da alface crespa Thaís, Vanda e Verônica.	Pg.50
FIGURA 7	Diâmetro Caulinar (DC) da alface em função do efeito isolado das soluções nutritivas S ₁ ; S ₂ ; S ₃ ; S ₄ ; S ₅ ; S ₆ e S ₇ (A) e das cultivares da alface crespa Thaís, Vanda e Verônica (B).	Pg.51
FIGURA 8	Massa Fresca do Caule (MFC) da alface em função do efeito isolado das soluções nutritivas	Pg.52
FIGURA 9	Massa Fresca da Folha (MFF) da alface em função do desdobramento da interação entre soluções nutritivas	Pg.53
FIGURA 10	Produção Total (PT) da alface em função do efeito isolado das soluções nutritivas	Pg.54
FIGURA 11	Produção Comercial (PC) da alface em função do desdobramento da interação entre soluções nutritivas	Pg.55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Quantitativo dos fertilizantes minerais utilizados na confecção das soluções nutritivas minerais.	Pg.36
TABELA 2	Composição química das soluções nutritivas minerais.	Pg.36
TABELA 3	Caracterização físico-química das águas utilizadas no cultivo hidropônico	Pg.44
TABELA 4	Quantitativo dos fertilizantes utilizados no preparo das soluções nutritivas minerais a partir da caracterização físico-química das águas utilizadas nas irrigações do cultivo hidropônico	Pg.47
TABELA 5	Resumos da Análise de variância para as variáveis Massa Seca do Caule (MSC) e Massa Seca da Folha (MSF) no final do cultivo hidropônico das três cultivares da alface submetido aos diferentes tratamentos.	Pg.48
TABELA 6	Resumos da análise de variância para as variáveis Número de Folha por Planta (NFP), Diâmetro Caulinar (DC), Massa Fresca do Caule (MFC), Massa Fresca da Folha (MFF), Produção Total (PT), Produção Comercial (PC) do cultivo hidropônico das três cultivares da alface submetido aos diferentes tratamentos.	Pg.49
TABELA 7	Qualidade microbiológica das cultivares da alface submetida aos diferentes tratamentos.	Pg.55
TABELA 8	Peso médio das cultivares de alface crespa produzidas com as soluções.	Pg.58
TABELA 9	Valores unitários dos itens utilizados no custo de produção da alface hidropônica em função das diferentes soluções nutritivas.	Pg.60
TABELA 10	Índices de rentabilidade das cultivares de alface crespa em função das diferentes soluções nutritivas.	Pg.62

ARAÚJO, A. C. Viabilidade econômica e sanitária do cultivo da alface em sistema hidropônico com diferentes tipos de água. 2017. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Naturais). Campina Grande, Paraíba.

RESUMO

Atualmente, uma das grandes preocupações refere-se à qualidade das águas superficiais, que vêm sendo utilizadas como suporte para a eliminação dos resíduos produzidos pelo homem. Objetivou-se avaliar o uso de águas residuais e salinas na produção de variedades da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico no CCT/UEPB de Lagoa Seca – PB, visando contribuir com a viabilidade de sua aplicação na agricultura familiar regional. O experimento foi conduzido em sistema hidropônico adotando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas em esquema fatorial 7x3, com três repetições, cujos fatores foram 7 soluções hidropônicas e três cultivares de alface. As soluções nutritivas otimizadas foram formuladas tomando-se como referência a solução nutritiva de Furlani. A parcela experimental foi constituída pelas soluções nutritivas (S): S₁ = solução de Furlani; S₂ = água residuária doméstica; S₃ = água residuária doméstica otimizada; S₄ = água salobra de poço tubular para captação de água subterrânea; S₅ = água salobra de poço tubular para captação de água subterrânea otimizada; S₆ = solução água residuária provenientes do reator UASB e S₇ = solução água residuária provenientes do reator UASB otimizada). Os resultados desta pesquisa evidenciaram a viabilidade (econômica, social e ambiental) na utilização de efluentes e águas salobras no cultivo hidropônico, propiciando hortaliças com níveis sanitários adequados ao consumo. Porém, mediante o apoio governamental ao crédito e auxílio de assistência técnica a fim de promover o conhecimento técnico, bem como a educação ambiental que propiciem um correto manejo agrícola. A utilização das soluções sugeridas nessa pesquisa (S₅, S₆ e S₇) reduzem o impacto negativo ao ambiente ao se evitar seu lançamento em corpos d'água, como também permite uma economia quanto ao uso de fertilizantes na agricultura e conseqüentemente aumenta a viabilidade econômica do produto. Todos os tratamentos atenderam ao padrão estabelecido pela RDC nº 12 de 02/01/2001 da ANVISA, que foram ausentes para coliformes termotolerantes e possuindo níveis toleráveis de coliformes totais.

Palavras chave: águas residuais; hidroponia; agricultura sustentável, recursos naturais

ARAÚJO, A. C. Viabilidade econômica e sanitária do cultivo da alface em sistema hidropônico com diferentes tipos de água. 2017. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Naturais). Campina Grande, Paraíba.

ABSTRACT

Currently, one of the major concerns is the quality of surface water, which has been used as a support for the disposal of waste produced by man. The objective of this study was to evaluate the use of residual and salt water in the production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties in a hydroponic system at the CCT / UEPB of Lagoa Seca - PB, aiming to contribute to the viability of its application in regional family agriculture. The experiment was conducted in a hydroponic system using the laminar nutrient flow technique (NFT). The experimental design was randomized blocks with the treatments arranged in split plots subdivided in a 7x3 factorial scheme, with three replications, whose factors were 7 hydroponic solutions and three lettuce cultivars. Optimized nutrient solutions were formulated by reference to Furlani's nutrient solution. The experimental portion consisted of the nutritive solutions (S): S1 = solution of Furlani; S2 = domestic wastewater; S3 = optimized domestic wastewater; S4 = brackish water from tubular wells to collect groundwater; S5 = brackish tubular well water for optimal groundwater abstraction; S6 = wastewater solution from the UASB reactor and S7 = wastewater solution from the optimized UASB reactor). The results of this research evidenced the viability (economic, social and environmental) in the use of effluents and brackish water in hydroponic cultivation, providing vegetables with sanitary levels adequate to consumption. However, through government support for credit and technical assistance assistance in order to promote technical knowledge and environmental education that provide a correct agricultural management. The use of the solutions suggested in this research (S5, S6 and S7) reduces the negative impact on the environment by avoiding its introduction into water bodies, as well as saving on the use of fertilizers in agriculture and, consequently, increasing the economic viability of All treatments met the standard established by RDC No. 12 of January 2, 2001 of ANVISA, which were absent for thermotolerant coliforms and having tolerable levels of total coliforms.

Keywords: Wastewater; Hydroponics; Sustainable agriculture, natural resources

1. Introdução

O atual modelo de organização socioeconômico tem atribuído ao ser humano um comportamento substancialmente degradante aos recursos naturais do planeta. A natureza por sua vez, sendo a grande provedora dos insumos de qualquer objeto palpável produzido pelo homem, seja uma simples maçã ou um automóvel, tem passado por diversas transformações ao longo das últimas décadas, uma vez que cresceram intensamente os níveis de extração dos recursos ambientais bem como dos níveis de poluição ambiental, com o único objetivo de suprir as demandas oriundas do incessante crescimento populacional evidenciado na contemporaneidade. Sendo assim, a noção de desenvolvimento é atrelada ao acúmulo e utilização de bens em detrimento do consumo dos recursos naturais.

Em suas mais variadas formas de degradação ambiental a superexploração dos recursos demandados pela Agricultura Moderna vem provocando empobrecimento, salinização e compactação dos solos, fazendo com que não mais produzam como antes. Além do mais, a utilização exacerbada e irracional de fertilizantes industriais tem causado desequilíbrio químico nos tecidos vegetais, o que se reflete em consideráveis perdas nutricionais e alterações no sabor de alguns produtos agrícolas (ARAÚJO, 2013).

A Agricultura Moderna, baseada na monocultura e na maximização da produção e do lucro, é sustentada por incentivos governamentais e pacotes tecnológicos que incluem a utilização massiva de agrotóxicos, fertilizantes químicos e variedades de alta produtividade. Conforme Mazoyer e Roudart (2010), ela não se adapta a todo mundo e não se sustenta a longo prazo, sobretudo pelo provável esgotamento das reservas de fosfato demandado para a produção de fertilizante.

É importante considerar Nicholls e Altieri (2013) quando afirmam que fatores como o custo crescente da energia fóssil e a deterioração do clima global são determinantes para a diminuição da capacidade de alimentar-se a humanidade a partir deste modelo de Agricultura. Para estes autores, o impacto social das secas, fenômeno natural agravado por atividades antropogênicas refletidas nas mudanças climáticas, é intensificado por políticas neoliberais e especulação de matérias primas. Hoje em dia, para que a fome se instale, não importa a quantidade de alimentos produzidos.

Atualmente, uma das grandes preocupações refere-se à qualidade das águas superficiais, que vêm sendo utilizadas como suporte para a eliminação dos resíduos produzidos pelo homem. Medeiros et al. (2007) indicam que o uso planejado de águas de reuso corrobora em uma menor necessidade de exploração dos recursos hídricos primários e

de uma geração reduzida de efluentes, estabelecendo, portanto, em uma estratégia eficaz para a conservação desse recurso natural.

Vários autores (Azevedo et al., 2007; Al-Zboon e Al-Ananzeh, 2008; Bonini et al., 2014), afirmam que essas águas podem ser utilizadas na irrigação, principalmente em regiões semiáridas, desde que seja feito um acompanhamento eficaz do seu grau de perigo à saúde e ao ambiente. Além do mais, a utilização do esgoto tratado pode representar uma fonte de água e nutrientes disponível para aplicação na agricultura, mesmo durante os períodos de estiagem (SHAER-BARBOSA et al. 2014).

A cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) possui uma importância irrefutável para a alimentação humana, sendo explorada em todo o território nacional devido ao seu baixo custo, sabor e qualidade nutricional. Além disso, é considerada como a mais popular hortaliça dentre aquelas em que as folhas são consumidas cruas e ainda frescas (JUNIOR et al., 2007).

No estado da Paraíba, a produção da alface se concentra principalmente nos cinturões verdes localizados próximos aos grandes centros comerciais. A produção no estado segundo estudo do IBGE (2009) é de 6530 t das quais 6234 t são comercializadas. Entretanto o estado se encontra dentro das fronteiras do que se denomina semiárido, caracterizado por índice pluvial baixo e irregular e menor do que a evapotranspiração anual (Silva et al., 2011). Desta forma a produção de hortaliças pode ser comprometida na maior parte do ano por falta de água para irrigação.

O atual panorama mundial demanda uma reorganização ideológica do desenvolvimento sustentável. Para Abreu (2009), a transição que é mostrada nas várias dimensões de uma crise proveniente do esgotamento dos recursos naturais nos anuncia a necessidade de um novo protótipo, que é o da sustentabilidade, no qual adquire formas mais claras, passando a constituir agenda importante em vários fóruns internacionais.

O sistema global de produção de alimentos está em processo de autodestruição, pois está minando a própria base na qual foi edificado, o que faz a agricultura convencional ser alvo de inúmeras críticas quando se confronta com a sustentabilidade. Como afirma Leff (2007) a sustentabilidade ecológica aparece assim como um critério normativo para a reconstrução da ordem econômica, como uma condição para a sobrevivência humana e um suporte para chegar a um desenvolvimento duradouro, questionando as próprias bases da produção.

2. Objetivo geral

Avaliar o uso de águas residuais e salinas na produção de variedades da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico no CCT/UEPB de Lagoa Seca – PB, visando contribuir com a viabilidade de sua aplicação na agricultura familiar regional.

2.2 . Objetivos específicos

- Acompanhar o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas cultivadas com o reuso de água.
- Avaliar o estado microbiológico da alface cultivada com águas residuária e salina.
- Avaliar a viabilidade econômica das soluções nutritivas otimizadas formuladas em relação às sugeridas na literatura.

4. Revisão bibliográfica

4.1. Agricultura moderna

Desde o século XVII, com Revolução Industrial, a humanidade vem impetuosamente aumentando as suas demandas energéticas e cada vez mais diminuindo a quantidade e disponibilidade dos recursos naturais existentes. Nessa época, surge a agricultura moderna, um processo mais elaborado e estruturado em relação à agricultura arcaica predominante, no qual faz uso de novas técnicas de cultivo com objetivo principal de abastecer diversos comércios, assim como o de acelerar o desenvolvimento de sementes cultivadas visando o aumento de produtividade.

Essa mudança no processo de cultivo foi capaz de aumentar a produção de uma grande variedade de produtos em um pequeno espaço de tempo e, por um custo vantajoso ao produtor. Em contrapartida, enquanto essas tecnologias modernas aumentam os índices produtivos em um curto espaço de tempo, é possível que paralelamente a esse processo venha a ocorrer aumentos gradativos nos níveis de desequilíbrio ambiental nos mais variados ecossistemas terrestres, culminando em muitos impactos ambientais negativos.

Esse modelo de produção é caracterizado por concentrar todo o ferramental científico e tecnológico em benefício de uma seletiva elite agrícola, o que afronta o princípio da equidade social, podendo ocasionar uma instabilidade socioambiental e consequente diminuição da capacidade produtiva dos sistemas agrícolas. Como afirma Mazoyer e Roudart (2010), cerca de 80% dos agricultores da África, 40% a 60% na América Latina e na Ásia não abriram mão dos equipamentos manuais e apenas de 15% a 30% deles utilizam tração animal. Desta forma, a agricultura moderna só conseguiu penetrar em pequenos setores dos países em desenvolvimento, devido ao fato dos agricultores destes países não terem recursos para adquirir os insumos e o maquinário que faz parte deste modelo de agricultura.

Como resultado da "grande aceleração" do desenvolvimento social e econômico a nível mundial desde 1950, a quantidade de bens e serviços disponíveis para os habitantes do globo cresceu muito em pouco tempo. Mas todo esse sucesso desenvolvimentista dependeu fundamentalmente do uso de recursos naturais não renováveis (IGBP, 2015). O conjunto de graves alertas ambientais nos obriga a revisar urgentemente o argumento de que a engenhosidade humana, os mecanismos do mercado e o desenvolvimento tecnológico vão continuar sendo capazes de superar qualquer crise.

No Brasil, ao longo do processo de modernização da agricultura, muitos problemas ambientais e de saúde surgiram em decorrência da intensa mecanização bem como do uso

indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes químicos. A comprovação dos aspectos negativos da agricultura tradicional, tais como esgotamento dos recursos naturais, degradação ambiental e os riscos de sobrevivência do planeta às futuras gerações, reforça a necessidade da construção de um novo paradigma de desenvolvimento, no qual o crescimento econômico e a garantia de condições dignas de vida à população passem a ser enfocados nos limites da sustentabilidade do meio ambiente (ARBOS, 2009).

4.2. Agricultura familiar

A discussão sobre a agricultura familiar vem aos poucos ganhando enfoque e despertando interesse político e acadêmico no Brasil, passando a ser frequentemente debatido nas frentes de movimentos social rurais e por segmentos da área acadêmica, a exemplo das ciências sociais, ciências agrárias e naturais.

Para a construção do cenário da agricultura familiar é necessário ter-se a família, o trabalho e a propriedade funcionando como elementos centrais do processo de produção. Através desses atributos têm-se as vantagens que este tipo de sistema de produção apresenta e que vão além da diversificação de produtos, uma vez que seu perfil apresenta um distributivo sustentável, assim como o fortalecimento dos agricultores (TOMASETTO et al., 2009).

Uma das grandes limitações para a agricultura familiar é a dificuldade na adoção de práticas de manejo alternativas, haja vista que os costumes culturais trazem uma resistência à adoção de novas tecnologias, ainda que estas sejam as mais indicadas sob o ponto de vista da sustentabilidade. Neste sentido, para que a produção rural se distancie de práticas que visem apenas o lado econômico, há uma pujante necessidade dos produtores rurais substituírem as atuais formas de produção por relações de autogerenciamento de suas cadeias produtivas.

A flexibilização das relações entre capital e trabalho, de modo a favorecer a criação de cadeias produtivas necessárias a um novo regime de acumulação dependem da existência de empresas familiares, cooperativas e outras organizações econômicas associativas. Na verdade, a criação de cooperativas e associações controladas por trabalhadores tem sido uma reação de agricultores e movimentos sociais ao poder dos grandes conglomerados capitalistas agroindústrias objetivando agregação de valor à produção camponesa (CALDART, 2012).

Segundo dados do último Censo Agropecuário realizado em 2006, os estabelecimentos da agricultura familiar representam 84,4% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, entretanto ocupam apenas 24,3% da área total destinada à agropecuária e possuem área média de 18,37 ha com variações de acordo com cada região do país, destacando-se a região Centro-

Oeste com a maior área média (43,3 ha), seguida da Norte (40,3 ha), da Sudeste (18,3 ha), da Sul (15,4 ha) e, por último, a região Nordeste (12,9 ha). Não obstante possuir estabelecimentos de agricultura familiar com a menor área média, na região Nordeste do Brasil estão localizados 50% deles, ou seja, a maior parte das pequenas propriedades agrícolas do país (IBGE, 2009).

A realidade paraibana apresenta variações em relação ao cenário nacional, onde 88,52% dos estabelecimentos agropecuários são de agricultura familiar, possuem área média de 10,8 hectares e ocupam 42,2% de toda a área de produção agropecuária do Estado, o que denota a presença da agricultura familiar acima da média nacional e um processo de concentração de terras em menor proporção (IBGE, 2009).

Mediante as diversas modificações ambientais que ocorreram no cenário agrícola nos últimos anos, surgiram também as alterações na estrutura familiar de quem vive no meio rural. As relações e o tipo de trabalho têm interferido na composição familiar de áreas rurais, em que as condições precárias de trabalho e insumos, além da baixa lucratividade, nem sempre são atrativas a determinadas classes etárias, fazendo com que problemas socioeconômicos como êxodo do campo se torne cada vez mais frequente. Apesar do apoio, mesmo que ainda pequeno, ao desenvolvimento da agricultura familiar registrado nos últimos anos, ainda ocorre uma marginalização a respeito das camadas sociais que trabalham no campo, fazendo com que principalmente os jovens não acreditem nas perspectivas de desenvolvimento atribuídas por esse tipo de atividade econômica.

O grande desafio para o desenvolvimento da agricultura na região Nordeste é promover, pouco a pouco, melhorias no seu sistema produtivo que transponham essas limitações. Faz parte de esse desafio promover a inclusão da agricultura familiar em um sistema de produção moderno e eficiente com acesso a crédito, assistência técnica e insumos de boa qualidade.

4.3. A água como recurso natural

A expansão urbana, oriunda do crescimento populacional desordenado, tem acelerado as alterações climáticas e contribuído para redução da disponibilidade de água em várias regiões do planeta, levando à degradação dos mais variados recursos naturais, dentre eles a água. Durante anos esse recurso era considerado inesgotável, tendo apenas nas últimas décadas a conscientização da presente escassez e de necessária busca de formas tecnológicas de reuso e recuperação da sua qualidade. Como afirma Who (2013), a agricultura utiliza cerca de 70% de

toda água que é consumida no mundo, tendo em muitas situações o seu reuso impossibilitado devido se tratar de um uso consuntivo, em que a água utilizada na irrigação é evapotranspirada pelas plantas e depois incorporada ao vapor d'água da atmosfera, não sendo diretamente reaproveitada.

Como afirma Teixeira (2014), a desigualdade social e a pobreza na área rural tem uma forte relação com a precariedade e até mesmo a ausência do saneamento básico, sobretudo ao abastecimento de água potável. Jéquier e Constant (2010) reiteram que a água está ligada de forma intrínseca às manutenções metabólicas de todos os seres vivos, porém a relação com o homem varia de acordo com os contextos nos quais o mesmo está inserido, dessa forma a água expressa diferentes valores a depender da comunidade a qual o indivíduo ocupa. Dessa forma, o debate da crise hídrica vai muito além da escassez desse recurso, pois envolve questões de cunho cultural e ético, bem como problemas relacionados a uma má gestão por parte do poder público (TARGA, 2015).

A situação do acesso à água potável está cada vez mais preocupante, isso fica ainda mais claro quando se avalia estudos sobre a disponibilidade de recursos hídricos até o final do século. Diferentes áreas do mundo não terão água suficiente para satisfazer as suas necessidades, entre elas a Europa, África, e vastas áreas da América, entre outros. Isso é agravado com a crescente demanda por recursos hídricos por potências emergentes como a Índia, China, Paquistão e Indonésia, entre outros, e a já elevada demanda por potências como os EUA e o Japão (DIPLOMATIE, 2014). Esse quadro é agravado ainda mais devido às alterações climáticas e os danos ambientais que afetam esse importante recurso em todo o mundo.

Para as culturas agrícolas, o fornecimento de água interfere de forma direta na produção vegetal, bem como no processo de maturação das sementes (SCHIAVO et al., 2010). Cada vez mais os problemas climáticos interferem no ciclo das chuvas, deixando as culturas agrícolas não irrigadas em limitadas condições de produção.

O problema da escassez hídrica alertou a sociedade para a necessidade de encontrar recursos alternativos. Em contrapartida, a exigência crescente no que diz respeito à qualidade dos efluentes, evidencia a pujante necessidade de criação de estratégias de utilização de efluentes tratados. Dessa forma, a necessidade de reutilização de água se faz necessária por alguns fatores:

- A escassez de água e secas prolongadas, principalmente em regiões áridas e semiáridas. Neste caso, o reaproveitamento de água é de extrema importância,

pois se trata de uma medida de convivência contra o fenômeno da seca, assegurando as principais atividades de ordem econômica e principalmente agrícolas;

- A proteção ambiental em combinação com a necessidade de gestão das águas residuais surge como um fator emergente na generalidade dos países industrializados. Em zonas onde as leis de descarga de efluentes são mais restritas, a utilização de águas residuais surge como uma alternativa viável para tratamentos mais avançados, tanto do ponto de vista ambiental como econômico;
- Fatores socioeconômicos a exemplo de políticas públicas, novos regulamentos, saúde pública e os incentivos econômicos têm vindo a revelar-se bastante importantes para a criação de projetos de reutilização de água. Por exemplo, o aumento do custo da água para consumo público pode vir a promover a utilização de águas residuais;
- A assistência na saúde pública é o fator mais importante nos países em vias de desenvolvimento, onde o difícil acesso a fontes de água para consumo público nas zonas rurais juntamente com o acesso facilitado ao mercado da água nas áreas urbanas e periferia, leva a que sejam utilizadas na agricultura águas residuais não tratadas. A proteção da saúde pública e a mitigação dos riscos ambientais são as componentes-chave para qualquer programa de reutilização de águas;

4.4. Aspectos sociais do reuso da água

Toda a sociedade, em suas mais variadas formas de utilização dos recursos naturais, produz resíduos sólidos e líquidos, entretanto, a grande maioria da população não tem o conhecimento no que tange a real destinação desses materiais, nem das possíveis consequências sociais e ambientais que eles podem ocasionar. O resultado dessa limitação crítica a respeito da correta destinação dos resíduos gerados são inmensuráveis problemas socioambientais que põe em risco a sustentabilidade do planeta.

O descarte de resíduos, sobretudo a água, exige um tratamento eficiente dessa substância, de modo que ela tenha condições de apresentar características adequadas para que seja novamente lançada no corpo receptor, sejam eles; rios, lagos, lençol freático e o mar, sem que cause danos aos mesmos.

O tratamento das águas residuais é um processo essencial na garantia da preservação ambiental e conservação da saúde humana. Porém, várias regiões não possuem a infraestrutura necessária para o tratamento dos efluentes, seja por falta de recursos financeiros ou até mesmo por falhas em seu processo de governança. Dessa forma, são necessárias soluções que sejam economicamente viáveis às tecnologias que possam ser utilizadas visando uma correta destinação dos efluentes hídricos.

A disponibilidade de água de boa qualidade para utilização nas culturas agrícolas nem sempre é possível, especialmente em regiões com elevada escassez hídrica como a região semiárida do nordeste brasileiro. Dessa forma, comumente é utilizada águas com altos teores salinos para irrigação, provocando a concentração de vários íons na planta e comprometendo a produtividade (KALAVROUZOTIS, 2009).

Contudo, existe a possibilidade para que o impacto socioambiental possa ser minimizado a partir de estratégias e práticas de sustentabilidade ambiental, social, econômica, política e ética, à medida que os efluentes em decorrência do volume, o que aumenta a dificuldade, sejam destinados adequadamente de forma a atender o princípio da concepção de equilíbrio na relação do ser humano com meio ambiente. Dessa forma, a solução para a crise socioambiental contemporânea, deve passar por uma completa “construção de um novo conhecimento” (LEFF, H. 2007).

A comunidade científica tem afirmado que uma das maneiras para aumentar a oferta de água disponível para a agricultura é o aprimoramento das técnicas de reuso (SOUZA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2010; SOUZA et al., 2010) e sobretudo a utilização de formas mais racionais de uso da água (SANTOS JÚNIOR et al., 2013). Além do aporte hídrico, outra característica que merece atenção especial do efluente doméstico é seu potencial nutricional que é em boa parte, oriundo da urina humana (REBOUÇAS et al., 2010). De acordo com informações de Larsen et al. (2001), a urina humana representa mais de 80% do nitrogênio encontrado no efluente doméstico, 50% da carga de fósforo, 90% da carga de potássio e ao mesmo tempo constitui menos de 1% do volume total desse efluente doméstico convencional.

A possibilidade do reuso de água na hidroponia pode representar uma grande contribuição para o desenvolvimento da agricultura da região Nordeste, haja vista o fato de possuir limitações e vulnerabilidades ambientais que limitam a produção agrícola. Os ganhos podem ser no âmbito político, social, econômico e ambiental à medida que novas perspectivas para a agricultura do semiárido sejam criadas, principalmente para a produção familiar,

carente de tecnologias que atuem de acordo com as várias limitações a níveis dos recursos naturais existentes.

O desenvolvimento científico e tecnológico surge como um importante estímulo para a produção agropecuária do Nordeste brasileiro. A partir dessas iniciativas de desenvolvimento, procura-se diminuir os diversos problemas com o esvaziamento e o empobrecimento, bem como da concentração de renda. Políticas públicas governamentais, a exemplo do Programa Nacional de Agricultura Familiar (PRONAF) mostram a relevância dos agricultores familiares na produção brasileira bem como as iniciativas que visam um aprimoramento deste modelo de agricultura. Como assegura Barbieri (2011), a inovação sustentável é introdução, produção, assimilação ou exploração de produtos, processos produtivos, métodos de gestão ou negócios, novos ou apenas melhorados que tragam benefícios econômicos, sociais e ambientais comparados a outras alternativas.

Frente aos desafios contemporâneos destinados a promover a sustentabilidade ambiental, o reuso de água surge como parte preponderante no desenvolvimento agrícola do semiárido nordestino, de forma a diminuir os impactos ambientais causados pelo descarte irresponsável dos efluentes de esgoto doméstico bem como a minimização do uso de água potável e insumos químicos sintéticos na produção das culturas, ajudando a promover não só a diminuição dos impactos negativos ao meio ambiente, mas também promovendo um desenvolvimento econômico justo aos agricultores.

Assim sendo, todos os cidadãos possuem papel estratégico e decisivo na inserção da educação ambiental no cotidiano, buscando qualificar-se de modo que haja um posicionamento crítico face a atual crise sócio ambiental, tendo como ponto norteador a mudança de hábitos e práticas sociais, bem como a formação de uma visão ambiental que os mobilize para os caminhos da sustentabilidade (RODINI, 2010).

4.5. Águas residuais

Água residual é uma denominação às águas que, após a utilização antrópica, passam por modificações em suas características naturais. Conforme o uso predominante: comercial, industrial ou doméstico essas águas apresentarão características diversas e são de forma genérica designadas de esgoto.

As regiões em desenvolvimento, incluindo Brasil, África e a Ásia estão em um processo acelerado de urbanização, que deverá aumentar ainda mais nas próximas décadas, duplicando a população urbana entre 2000 e 2030 (SAGASTA, 2013). Em 2030, cerca de cinco bilhões

de pessoas, ou quase 60% da população mundial, viverão em grandes centros urbanos (UNO, 2006).

As cidades frequentemente descarregam suas águas residuais não tratadas ou parcialmente tratadas no meio ambiente, poluindo as fontes tradicionais de água de irrigação, levando assim à degradação dos recursos de água doce disponíveis. Sendo assim, esses efluentes podem ser de extrema utilidade para utilização na agricultura urbana e peri-urbana (RASCHID-SALLY & JAYACODY, 2008). Considerando-se uma contribuição per capita de 150-200 L / hab / dia e uma demanda genérica de 1000-2000 mm / ano, estima-se que a água de reuso produzida por uma cidade de 50 mil habitantes irrigaria uma área de cerca de 200 ha (BASTOS, 1999).

Juntamente com as questões de uso da água para fins agrícolas, a agricultura urbana e peri-urbana continuará a ter um papel fundamental na produção e fornecimento de alimentos para as cidades, especialmente os vegetais. No entanto, os rendimentos na agricultura são diretamente dependentes do fornecimento de água nos volumes necessários, o que aumenta ainda mais a pressão sobre a procura de água.

A utilização das águas residuais pode servir não apenas como fonte de água extra, mas também como solução rica em nutrientes indispensáveis para as culturas agrícolas (SANDRI et al. 2007). Neste contexto, as plantas desempenham importante papel, pois são capazes de extrair macro e micronutrientes dispostos na solução evitando o acúmulo no solo ou oceano, bem como a consequente salinização do solo e também a contaminação das águas superficiais e subterrâneas (RIBEIRO et al., 2009).

Os esgotos sanitários possuem mais de 99% de sua composição constituída por água, portanto é devido a essa fração de 1% que existe a necessidade do tratamento desse efluente. Os esgotos domésticos são oriundos principalmente de residências e de edificações públicas e comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas. Apesar de variarem em função das condições socioeconômicas das populações, do clima e dos hábitos, os esgotos domésticos têm características bem definidas e se compõem, basicamente, das águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem (VON SPERLING, 2005).

Como afirma Sanches (2009), os efluentes líquidos originários de áreas urbanas e sujeitos a serem transportados para a Estação de Tratamento de Esgotos-ETE são classificados em esgotos domésticos ou domiciliares; águas de infiltração; esgotos industriais; águas pluviais; esgotos combinados; incluindo as águas negras, as quais são compostas por

matéria fecal e urina com elevado teor de matéria orgânica de águas de cozinha, banho e na limpeza em geral. Ainda de acordo com o autor, o esgoto sanitário além de possuir mais de 98% de água possui em sua solução alguns contaminantes, como sólidos suspensos, composto orgânicos (proteínas, carboidratos, óleos), nutrientes (fósforo e nitrogênio, principalmente), sólidos inorgânicos dissolvidos, sólidos inertes, sólidos grosseiros e compostos não biodegradáveis decorrentes de atividades industriais.

O reuso apresenta diversas vantagens do ponto de vista econômico, social e ambiental, listadas a seguir:

- a) Propicia o uso sustentável dos recursos hídricos;
- b) Minimiza a poluição hídrica nos mananciais;
- c) Estimula o uso racional de águas de boa qualidade;
- d) Permite evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos dedesertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes;
- e) Possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica;
- f) Propicia aumento da produtividade agrícola;
- g) Permite maximizar a infra-estrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água aduzida;

Para que menores quantidades de água sejam desperdiçadas, é de fundamental importância a adoção de políticas públicas eficientes, bem como projetos de conscientização da população. Na agricultura, por exemplo, uma enorme quantidade de água poderia ser poupada se existisse uma infraestrutura adequada de armazenamento, tratamento e destinação de águas residuais.

Na Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 (ECO 92), foi enfatizado que a reutilização de água constitui de uma importante estratégia de conservação hídrica, devendo ser uma das principais estratégias a qualquer política regional de gestão dos recursos hídricos. Deste modo, o desenvolvimento sustentável visa minimizar a dependência das fontes naturais e potencializar os mecanismos de reutilização dentro das mais variadas formas de utilização antrópica (HOLT, 2006)

Por questões culturais, ainda é escasso no Brasil a reutilização dos resíduos gerados, particularmente do efluente de esgoto. Todavia, recentemente a aplicação de resíduos orgânicos na agricultura tem recebido atenção considerável pelo aumento crescente de energia

para produção de fertilizantes minerais, muito em decorrência dos custos, além dos problemas ambientais associados a métodos alternativos de disposição de resíduos.

Com o agravamento da crise da água em várias regiões de grande importância agrícola e hortícola, muitas vezes devido às mudanças climáticas, como observado recentemente no Nordeste do Brasil, a disponibilidade de água é uma preocupação constante. A questão passa a ser urgente no momento, de modo que não chegue ao estado crítico para as gerações futuras em diferentes regiões do mundo. Isto nos leva à necessidade de adotar medidas para reutilizar a água, visando assegurar a disponibilidade desse recurso para as gerações futuras.

Ainda não existe no Brasil uma normatização específica a qual contemple os sistemas de reúso da água. Em contrapartida, tem sido adotados padrões internacionais e orientações técnicas produzidas por instituições privadas (CREA-PR, 2010). Mesmo o Brasil não possuindo uma legislação específica, pode-se dizer que já existem ações que podem servir como base para formulação de um aparato legal sobre o tema.

No atual cenário de escassez hídrica, o maior da história recente do Brasil, a disputa pelo uso da água virou um tabuleiro de negócios conectado com os mais variados ramos de interesse. Porém, é nesse mesmo ambiente que aflora uma reflexão filosófica e salutar, no que diz respeito a novas possibilidades para o aproveitamento de efluentes como forma alternativa à crescente demanda hídrica que vivenciamos, diminuindo a pressão em mananciais primários, os quais devem ser destinados a fins mais nobres da sociedade.

4.6. Qualidade da água na agricultura

A agricultura no mundo consome em média 70% do volume captado de água, no Brasil este percentual pode chegar a até 80%, em seguida encontra-se o consumo de água relativo às atividades industriais, com uma média de 20% e por último o uso doméstico, com cerca de 10% (ANA, 2013).

A qualidade da água na agricultura é determinante não só em função de suas características físicas, químicas e biológicas, mas também da adequação ao uso específico a que se destina (AYERS e WESTCOT, 1999). Tal necessidade exige conhecimento prévio não só de suas propriedades como também dos efeitos e riscos à saúde e ao meio ambiente.

A quantidade de sais adicionados à água através do uso doméstico e industrial varia de acordo com a localidade, podendo chegar de 100 a 800 mg L⁻¹ em uma mesma localidade. As variações são pequenas, porém mesmo em concentrações relativamente baixas, em algumas

situações são suficientes para alterar a qualidade da água de aceitável para restritiva, do ponto de vista agrícola (FEIGIN et al., 1991).

Para Ayers e Westcot (1999), na utilização de esgotos na agricultura, devem ser levadas em consideração as características físico-químicas e biológicas das águas, que se refletem na produtividade e na qualidade das culturas, na manutenção da fertilidade do solo e na proteção do homem e do meio ambiente. Entre os contaminantes de esgotos que podem degradar a qualidade dessas águas estão os sais, os nutrientes e os traços de elementos químicos, os quais estão relacionados com os principais problemas no solo como salinidade, permeabilidade, toxicidade de íons específicos e concentração de nutrientes.

Os esgotos sanitários possuem teores de macro e micronutrientes suficientes para o atendimento da demanda da maioria das culturas agrícolas. Portanto, a irrigação das culturas através de corpos d'água que recebem lançamentos de esgotos sanitários, pode ser considerada uma fertirrigação (NUVOLARI, 2003). Para as culturas sensíveis, o máximo recomendado de cloretos na água de irrigação é 210 mg L^{-1} . Teores de 99 mg L^{-1} de cloretos na água de irrigação não acarretam qualquer efeito prejudicial enquanto teores acima de 351 mg L^{-1} podem causar problemas graves (MANCUSO & SANTOS, 2003).

É de conhecimento científico que o nível de cloreto no efluente secundário é maior que o encontrado na água para abastecimento. Bem como, o tratamento de esgoto convencional não remove o cloro do efluente devido à elevada solubilidade dos compostos de cloro. De acordo com Feigin et al. (1991) as tecnologias de dessalinização para remover cloro são muito caras e, comumente, os níveis de cloro nos efluentes municipais secundários permanecem abaixo daqueles considerados prejudiciais para a maioria das culturas agrícolas; no entanto altas concentrações deste elemento no efluente de esgoto, como em outras fontes de água, podem atingir águas subterrâneas.

Assim, o conhecimento da qualidade da água é de fundamental importância para a produtividade e para o controle da disseminação de doenças microbianas em áreas de produção (VAN DYK et al., 2016).

4.7. Tratamento de efluentes

O tratamento dos efluentes é uma medida de saneamento básico que tem como objetivo principal o de acelerar o processo de purificação das águas, parcial ou integral, antes de serem devolvidos ao meio ambiente ou reutilizada. A origem dessa água poluída se dá através das várias atividades humanas provenientes de residências, comércios e indústrias.

A falta de tratamento dos efluentes, bem como de condições adequadas de saneamento, podem contribuir para a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas, além da degradação dos corpos hídricos. A disposição adequada dos efluentes é essencial para a proteção da saúde pública e promoção do bem estar social.

A contaminação das águas é uma das poluições ambientais mais preocupantes, devido ao fato da grande dependência desse recurso para a sobrevivência e desenvolvimento da sociedade. Cerca de 100 milhões de brasileiros vivem diariamente sem coleta e tratamento de esgoto. Isso acarreta em uma direta contaminação do solo, além de ser responsável por cerca de 30% de toda mortalidade nacional. De todo o esgoto coletado, apenas 10% é tratado, o restante é despejado livremente nos rios (IBGE, 2012). Além de não coletar e tratar o esgoto, o país não fiscaliza a qualidade da água. Dos 5.570 municípios brasileiros, 2.659 não monitoravam a qualidade da água. Quase a metade, 2.676, também não possui plano de saneamento básico (IBGE, 2013).

O tratamento dos efluentes e a posterior utilização na agricultura são medidas que se apresentam como forma de combate à poluição e incentivo à produção agrícola. Incentivar a agricultura é fundamental para economia, principalmente, quando associado à fertirrigação com nutrientes advindos do próprio esgoto. Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias que visem promover o aumento da produtividade agrícola com enfoque na minimização dos danos ambientais, a curto e longo prazo, consiste em uma alternativa que favorece o desenvolvimento local sustentável. A prática da utilização de águas residuárias, tratadas na agricultura, apresenta diversas vantagens, dentre elas a economia de água, de fertilizante mineral e ainda evita a contaminação orgânica e microbiológica do meio ambiente. A Organização Mundial da Saúde (OMS) assegura que o tratamento primário de esgotos domésticos já é suficiente para torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto.

Uma das técnicas de tratamento de efluentes mais difundidas no Brasil é a dos Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo (do inglês, *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* - UASB) para o tratamento de esgoto doméstico, que consiste no tratamento biológico de esgotos baseada na decomposição anaeróbia da matéria orgânica, (CHERNICHARO, 2007).

Tratar esgotos utilizando reator UASB é uma opção positiva, sobretudo, para regiões de clima quente como no caso do Nordeste brasileiro (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994). De acordo com Sousa et. al. (2001) o efluente, produzido por este sistema, apresenta grande

quantidade de nutrientes. Assim sendo, apresenta características propícias para uso em produção hidropônica da alface, já que a água não possui contato direto com a parte consumida da planta.

4.8. Águas salobras

Em regiões semiáridas do Nordeste do Brasil a água salobra desponta como a única fonte de água disponível, tanto para uso humano como para agrícola (COSTA et al., 2006). Águas com essas características físico químicas podem representar riscos para o meio ambiente, pois a acumulação de sais nos perfis do solo corrobora com a sua salinização, limitando o desenvolvimento de culturas agrícolas (2008).

Pesquisas recentes têm demonstrado a viabilidade no aproveitamento de água salobra em cultivo hidropônico (SOARES et al., 2007; PAULUS, 2008; SANTOS, 2009; AMORIM et al., 2005). A utilização de água salobra em cultivo hidropônico tem demonstrado ser menos prejudicial às culturas de ciclo curto, desde que seu uso seja destinado à reposição da evapotranspiração da cultura, pois neste caso a salinização sofre um aumento gradual durante o ciclo da cultura, sendo assim seria menos danosa ao vegetal.

Como ratifica Rebouças (1999), no contexto das rochas cristalinas do semiárido, os teores de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas subterrâneas são superiores a 2.000 mg L⁻¹ em 75 % dos casos. Esse é um aspecto importante, pois, apesar da reconhecida escassez de águas superficiais, tem-se ali um considerável armazenamento de água no subsolo, o que poderia servir ao desenvolvimento da região (CARVALHO, 2000).

Alguns estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de avaliar a viabilidade do aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos (SOARES, 2007; SANTOS, 2009; PAULUS et al., 2010). Essas pesquisas tem o intuito de gerar tecnologias para uso racional das águas subterrâneas salobras do Semiárido e do rejeito da dessalinização por osmose reversa, sendo que nesse último caso, o impacto tecnológico seria duplo, por minimizar aquela que é uma das maiores restrições a essa tecnologia; a destinação apropriada do seu rejeito (SOARES, 2006).

A hipótese básica dos estudos é que na hidroponia a resposta das plantas em condições salinas é melhor que no cultivo convencional baseado no solo, visto que, na hidroponia, pode não existir o potencial mátrico, que no solo é uma das causas da diminuição da energia livre da água. Também se tem apontado a hidroponia como um sistema de maior segurança ambiental, mais condizente ao uso de águas salobras, pois sua própria estrutura funciona

como sistema de drenagem. Assim, os sais acumulados ao final do processo produtivo podem ser facilmente dirigidos para fora do sistema (SOARES, 2007).

4.9. Hidroponia

Hidroponia é definida como o cultivo de plantas em meio líquido. Deriva-se de duas palavras de origem grega: *hydro* (água), e *ponos* (trabalho). Ocorrendo em ambiente protegido, o cultivo hidropônico vem sendo bastante difundido, pois possibilita controlar as condições adversas de cultivo, possibilitando uma melhor qualidade produtiva das olerícolas (HELBEL JÚNIOR et al., 2008; CUPPINI et al., 2010). Devido a estes fatores, o cultivo hidropônico tem ganhado importância a cada ano, contribuindo assim na modificação dos sistemas de cultivo tradicionais (GUALBERTO et al., 2009).

As primeiras experiências com cultivo de plantas sem utilização do solo foram realizadas por volta de 1600 d.C., porém, antes disso, nos jardins da Babilônia; nos jardins Astecas, no México, e nos jardins da China imperial, esse tipo de cultivo já era utilizado. Hieróglifos escritos centenas de anos antes de Cristo também citam o cultivo de plantas em água. Antes de Aristóteles, Theophrasto (372 – 287) realizou vários ensaios com nutrição vegetal (RESH, 2001).

O cultivo hidropônico, quando comparado ao cultivo convencional, apresenta algumas vantagens, como por exemplo, a possibilidade de obtenção de produtos de qualidade superior e mais uniformes, ocasionando uma maior produtividade, reduzido custo com mão de obra, com menor gasto de água e de insumos agrícolas, além de preservar o meio ambiente (LOPES et al., 2005). Além do mais, para o cultivo hidropônico podem ser utilizadas águas residuais e salobras, proporcionando viabilidade em sua utilização com maior segurança ambiental; reduz-se o uso de inseticidas e fungicidas; possibilita a independência do cultivo em relação às intempéries (geadas, chuvas de granizo, ventos, encharcamentos) e às estações climáticas, permitindo o cultivo durante todo o ano (SAAVAS et al., 2007; AL-KARAKI et al., 2009).

De acordo com Oyama et al. (2008), tem surgido nos últimos anos várias pesquisas sobre a utilização de fertilizantes químicos em sistemas hidropônicos, no entanto, a integração desse sistema com águas residuais ainda é pouco explorada, havendo a necessidade de estudos que legitimem alguns aspectos do cultivo.

Como afirmam Malheiros et al. (2012), que ao cultivar tomate cereja em sistema hidropônico para avaliar doses de efluente de uma indústria de sorvete, concluíram que doses de até 50% do efluente utilizado não causaram redução na produtividade, bem como permitiu

melhor eficiência no uso da água na produção dos frutos, e também a máxima substituição de minerais solúveis na solução nutritiva.

Como afirma Cuba et al. (2015), legumes irrigados convencionalmente e vendidos em varejo possuem níveis de contaminação muito maior do que os limites previstos nas normas regulatórias. Embora os referidos autores terem constatado a presença de *Escherichia coli* nas águas residuais para produção hidropônica da alface, não foi identificada a contaminação nas folhas da hortaliça, muito provavelmente pelo fato de não haver contato direto entre as folhas e a água durante o desenvolvimento da planta.

4.9.1. A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea, de clima temperado, pertencente à família Asteracea e da subfamília Cichoriaceae. A grande maioria das cultivares de alface adapta-se a climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo. Porém, a ocorrência de temperaturas mais elevadas acelera o ciclo fisiológico da cultura, e a depender do genótipo, pode resultar em plantas menores devido a uma maior precocidade do pendoamento (HENZ E SUINAGA, 2009; DIAMANTE et al., 2013). Como constatou Araújo et al., (2010) temperaturas elevadas, com médias variando de 20,9 a 22,8 °C corroboraram na redução da produção da alface americana. Já em estudo desenvolvido por Hotta (2008), a temperatura indicada como ideal para este tipo de alface foi de 23°C.

A hortaliça pode ser cultivada durante todo o ano, sendo que, em canteiros de terra, estas plantas ficam em contato direto com o solo durante todo o seu período de desenvolvimento, favorecendo assim a contaminação por patógenos. Por ser consumida crua, pode ser responsável pela transmissão de diversas doenças. Estudos indicam que a própria estrutura das plantas de alface influencia na sobrevivência de micro-organismos, sendo estes, os principais transmissores de doenças associadas à contaminação alimentar. Do ponto de vista nutricional, possui elevado teor de vitamina A em suas folhas, sendo rica em sais de Ca e Fe, apresentando ainda baixo valor calórico e custo de produção inferior às demais hortaliças (HOLVOET, 2014).

Por outro lado, o cultivo da alface apresenta várias vantagens agronômicas, dentre as quais se destacam; a facilidade no manejo, curto ciclo de produção, resultando num maior número de cultivos por ano e uma alta produtividade, possibilitando assim, um rápido retorno financeiro ao produtor e propiciando as mesmas condições de permanência no campo. A maior concentração da produção está localizada no entorno dos grandes centros consumidores, em

que os produtores especializados utilizam largamente o cultivo protegido em estufas ou telados, garantindo a integridade da cultura sob os efeitos climáticos adversos, que garante os melhores preços na entressafra (TRANI, 2006).

Até meados da década de oitenta, sua produção era limitada às regiões amenas (BRANCO et al., 2001). Porém, novas tecnologias de cultivo, a exemplo do cultivo protegido, viabilizou a propagação por outras regiões do Brasil, permitindo a produção em épocas chuvosas e uma oferta regular durante o ano todo (FILGUEIRA, 2008).

Henz e Suinaga, (2009), agruparam as cultivares disponíveis no mercado brasileiro de sementes em cinco tipos morfológicos principais, baseando-se nas variáveis “formação de cabeça” e tipo de “folhas”;

- Repolhuda Lisa: apresenta folhas lisas, delicadas e macias, com nervuras pouco salientes, com aspecto oleoso “manteiga”, formando uma cabeça típica e compacta.
- Repolhuda Crespa ou Americana: folhas crespas, consistentes e crocantes, cabeça grande e bem compacta.
- Solta Lisa: folhas lisas e soltas, relativamente delicadas, sem formação de cabeça compacta.
- Solta Crespa: folhas grandes e crespas, textura macia, mas consistente, sem formação de cabeça; pode ter coloração verde ou roxa.
- Solta Crespa Roxa: Maravilha Quatro Estações.
- Tipo Romana: folhas tipicamente alongadas, duras, com nervuras claras, com uma cabeça fofa e alongada, na forma de cone.

4.9.2. Leis e diretrizes que regem a utilização de efluentes

No início da década de 1970, a Organização Mundial de Saúde (OMS), publicou “*Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Public Health Safeguards*”, cujas diretrizes enfocavam métodos de tratamento de efluentes, visando à proteção da saúde pública. Mais tarde, em 1989, essas diretrizes foram atualizadas após estudos epidemiológicos, com o título “*Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*” e novos critérios foram propostos para o uso da água de reúso na agricultura e aquicultura (ALMEIDA, 2011).

A Resolução CONAMA nº. 430/2011 estabelece limites para lançamento de efluentes e a Portaria no. 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece procedimentos e responsabilidades do controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Esta Resolução dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução Nº. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA (BRASIL, 2005).

5. Materiais e métodos

O experimento foi conduzido em sistema hidropônico adotando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (Fluxo Laminar de Nutrientes - NFT) em ambiente protegido (casa de vegetação) pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), situada no município de Lagoa Seca, PB (7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W). O clima local é classificado como tropical úmido (As') com temperatura média anual em torno de 22°C, sendo a mínima de 18°C e a máxima de 33°C, segundo Köppen-Geiger (BRASIL, 1971).

A água tratada mediante reator UASB (Figura 1) utilizada nos tratamentos S6 e S7 foi coletada na cidade de Campina Grande, PB (7°15'18" S, 35°W), na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários – EXTRABES, em área de pesquisa do Programa de Saneamento Básico – PROSAB.



Figura 1. Reator UASB na estação de tratamento EXTRABES. Campina Grande, PB, 2016.

Já a água residuária utilizada nos tratamentos S2 (água residuária doméstica) e S₃ (água residuária doméstica otimizada) (Figura 2) foi coletada em córrego no município de Lagoa Seca, PB.



Figura 2. Córrego com esgoto no município de Lagoa Seca, PB, 2015.

As águas utilizadas no experimento foram provenientes da chuva, armazenada em cisterna (para a solução S₁), do esgoto bruto da cidade de Lagoa Seca, PB (Figura 2), água salobra de poço tubular perfurado para captação de água subterrânea da zona rural do município de Lagoa Seca, PB e água residuária provenientes do reator UASB da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) Campina Grande, PB. As amostras de água foram encaminhadas para análise química no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/DEAg/UFCG) e no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A – EMPARN.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas em esquema fatorial 7x3, com três repetições, cujos fatores foram 7 soluções hidropônicas com condutividade de 1,5 dS.m⁻¹ e três cultivares de alface. As soluções nutritivas otimizadas foram formuladas tomando-se como referência a solução nutritiva de Furlani. A parcela experimental foi constituída pelas soluções nutritivas (S): S₁ = solução de Furlani; S₂ = água residuária doméstica; S₃ = água residuária doméstica otimizada; S₄ = água salobra de poço tubular para captação de água subterrânea; S₅ = água salobra de poço tubular para captação de água subterrânea otimizada; S₆ = solução água residuária provenientes do reator UASB e S₇ = solução água residuária provenientes do reator UASB otimizada). As subparcelas foram constituídas pelas três cultivares de alface do grupo Repolhuda Crespa (Verônica, Vanda e Thais), sendo cada uma delas composta por seis plantas com espaçamento de 0,3m x 0,3m.

As cultivares utilizadas foram; Thaís, Vanda e Verônica. As mudas foram produzidas em espuma fenólica utilizando-se uma mesa para germinação (Figura 3), semeando-se uma semente peletizada por cavidade. Após a emergência da plântula (EP), a água de abastecimento utilizada na irrigação foi substituída gradativamente pelas soluções nutritivas (33,33%, 66,66% e 100% a cada quatro dias). Após 25 dias da EP as mudas foram transplantadas para os perfis definitivos.



Figura 3. Divisão em berçário das três cultivares da alface (Verônica, Vanda e Thaís). Lagoa Seca, PB, 2015.

5.1. Preparo e manejo das soluções nutritivas

As soluções nutritivas S₁, S₃, S₅ e S₇ foram preparadas conforme metodologia proposta por Furlani (1995). Os quantitativos dos fertilizantes minerais e da composição química da solução nutritiva mineral estão dispostos nas Tabelas 1 e 2. Para isto, foi utilizada a ferramenta “Solver” da Microsoft Office Excel. Todas as soluções foram preparadas para um reservatório com capacidade para 200 litros.

Tabela 1 – Quantitativo dos fertilizantes minerais utilizados na confecção das soluções nutritivas minerais.

Solução	
Fertilizantes	Soluções de Furlani
g 1000 L ⁻¹ de água	
Ca (NO ₃) ₂ . 6H ₂ O	1000
MAP	150
DAP	-
H ₂ PO ₄	-
KH ₂ PO ₄	-
KCl	150
KNO ₃	600
MgSO ₄ .7H ₂ O	250
MnCl.H ₂ O	2,34
Mn SO ₄ .H ₂ O	-
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,88
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,2
H ₃ BO ₃	2.04
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,26
Fe-EDTA	1000 mL

Ca(NO₃)₂.6H₂O- nitrato de cálcio; MAP- fosfato monoamônio; ; DAP- fosfato diamônio; H₂PO₄- ácido fosfórico; KH₂PO₄- fosfato monopotássico; KCl- cloreto de potássio; KNO₃- nitrato de potássio; MgSO₄.7H₂O- sulfato de magnésio; MnCl.H₂O- cloreto de manganês; Mn SO₄.H₂O- sulfato de manganês; ZnSO₄.7H₂O- sulfato de zinco; CuSO₄.7H₂O- sulfato de cobre; H₃BO₃-ácido bórico; Na₂MoO₄.2H₂O- molibdato de amônio; Fe-EDTA- ferro EDTa.

Tabela 2 – Composição química das soluções nutritivas minerais.

Solução	
Fertilizantes	Solução de Furlani
g 1000 L ⁻¹ de água	
NO ₃	200,44
NH ₄	16,51432
P	32,7
K	310,275
Ca	168
Mg	24,65
S	32,5
Mn	0,636714
Zn	0,199144
Cu	0,0671
Bo	0,356592
Mo	0,114452
Fe	2,234

NO₃- nitrato; NH₄- amônio; P- Fósforo; K- Potássio; Ca- Cálcio; Mg- Magnésio; S- Enxofre; Mn- Manganês; Zn- Zinco; Cu- Cobre; Bo- Boro; Mo- Molibdenio; Fe- Ferro.

5.2. Formulação e calibração das soluções nutritivas

A formulação das soluções otimizadas foram realizadas utilizando-se a ferramenta SOLVER, para isto, montou-se uma planilha eletrônica no Microsoft Office Excel contendo a composição química da água residuária doméstica: água de poço salina, solução água residuária provenientes do reator UASB e os sais inorgânicos foram; nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato de potássio, fosfato monoamônico, cloreto de potássio, sulfato de magnésio e na forma de sulfato, os micronutrientes foram cobre, zinco, manganês e ferro.

Uma vez formulados, os ingredientes orgânicos foram misturados e durante a condução do experimento as soluções foram calibradas diariamente realizando-se leituras de condutividade elétrica (CE) e pH, utilizando-se um condutivímetro portátil e um peagâmetro. A CE foi mantida a aproximadamente $1,7 \pm 0,3 \text{ dS cm}^{-1}$ e o pH entre 6,0 e 7,0. Independentemente dos tratamentos, as soluções nutritivas foram substituídas em períodos equidistantes de 7 dias.

O manejo da solução nutritiva foi realizado diariamente através da reposição da água consumida, do acompanhamento da condutividade elétrica (CE) e do potencial hidrogeniônico (pH) mantendo-o próximo à neutralidade, com a utilização de uma solução de NaOH ou HCL (1mol L^{-1}).

5.3. Semeadura da alface

A semeadura da alface foi realizada acrescentando-se uma semente pré-geminada em espuma fenólica (Figura 4) com 3 cm de diâmetro e 2 cm de altura, previamente enxaguada com água corrente com o objetivo de eliminar possíveis compostos ácidos remanescentes de sua fabricação. Durante os primeiros seis dias, as espumas foram umedecidas apenas com água de cisterna. Nos 7º, 13º e 19º dias foi acrescentada a solução S₁, de modo que a muda fosse nutrida e apresentasse respectivamente, 33,33, 66,66 e 100% da concentração nutricional sugerida por Furlani (1995).



Figura 4- Mudas da alface duas semanas após a semeadura. Lagoa Seca, PB, 2015.

5.4. Variáveis analisadas

Em função dos tratamentos a alface foi avaliada aos 30 dias após o transplântio quanto aos seguintes parâmetros:

Produção:

- Massa fresca do caule (MFC) e Massa fresca folhas (MFF): determinadas com auxílio de uma balança semianalítica;
- Número de folhas por planta (NFP): determinada a partir do número de folhas da produção comercial partindo-se das folhas basais até a última folha aberta;
- Diâmetro do caule (DC): obtido através de medição direta com o auxílio de paquímetro digital.
- Produção total (PTT): produção de massa fresca da parte aérea (caule e folhas), sendo determinada com auxílio de uma balança semi analítica;
- Produção comercial (PCM): produção de massa fresca da parte aérea (caule e folhas) após desprezarem-se as folhas amarelecidas, secas e/ou atacadas por pragas e doenças, sendo determinada com auxílio de uma balança semianalítica;

5.5. Análise microbiológica

As análises microbiológicas do tecido vegetal das cultivares Thaís, Vanda e Verônica foram realizadas em função dos tratamentos e repetições, contendo uma amostra composta de cada cultivar formada por seis plantas/parcela. O material foi analisado no Laboratório de Microbiologia dos Alimentos, da Universidade Estadual da Paraíba UEPB – CCAA, Campus II, seguindo o método oficial aprovado pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2002), para coliformes totais a 35°C, termotolerantes a 45 °C. Foi utilizada a técnica de tubos múltiplos (Figura 5).

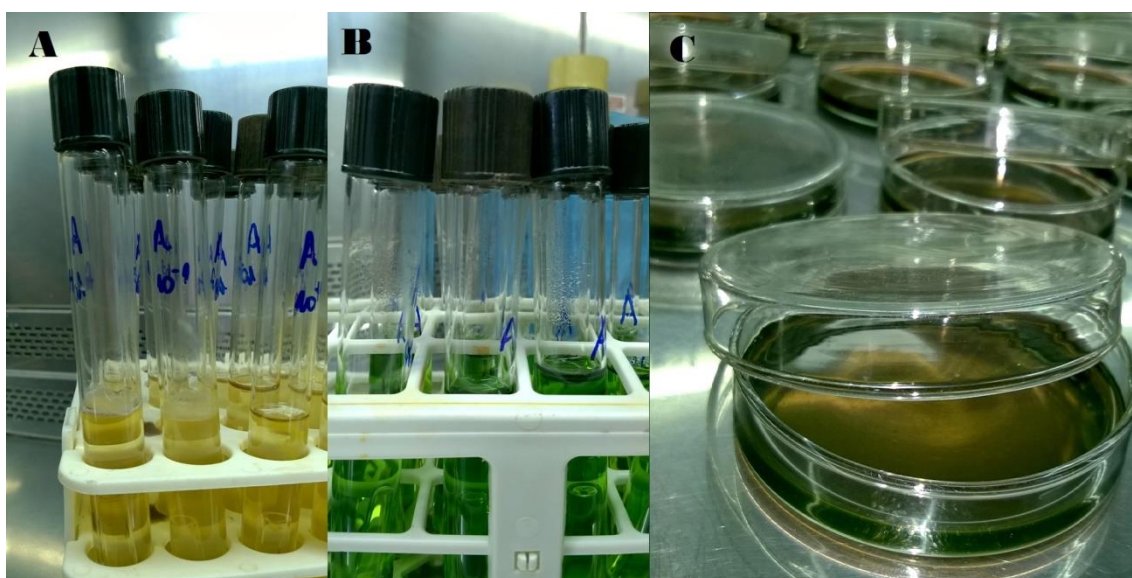


Figura 5. Teste presuntivo (A), Confirmativo (B) e Completo (C) para avaliação de contaminação microbiológica. Lagoa Seca, PB, 2015.

5.5.1. Coliformes totais

O principal teste realizado para a avaliação das condições microbiológicas da água é a detecção de bactérias do grupo coliformes, que são os principais indicadores de poluição fecal, pois habitam o trato intestinal e são eliminados em grande número com as fezes. São capazes de fermentar a lactose com produção de gás, quando incubados a 35-37°C, por 48 horas (LEE, 2013).

5.5.2. Coliformes termotolerantes

Coliformes termotolerantes são bactérias que se apresentam na forma de bastonetes Gram negativos, não esporogênicos, aeróbios ou aneróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 horas a 44,5° - 45,5°C. O grupo de coliformes fecais

abrange pelo menos três gêneros: *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, dos quais dois (*Enterobacter* e *Klebsiella*) incluem cepas de origem não fecal. (SILVA; JUNQUEIRA e SILVEIRA, 2010).

5.6. Viabilidade econômica

Foi utilizada a metodologia de análise de custo de produção sugerida por Martin et al. (1998) que busca reunir os componentes de custos, agregando-os de tal forma a permitir um estudo detalhado dos mesmos bem como a análise da rentabilidade.

As estruturas de custos consideradas nos sistemas de produção foram:

- Custo operacional efetivo (COE): corresponde às despesas efetuadas com mão-de-obra, operações de máquinas/equipamentos e veículos e materiais consumidos ao longo do processo produtivo;
- Custo operacional total (COT): corresponde ao custo operacional efetivo acrescido dos encargos sociais (36% sobre o valor da despesa com mão de obra) e contribuição à seguridade social rural, CSSR (2,2% do valor da renda bruta);
- Custo total de produção (CTP): corresponde ao custo operacional total acrescido dos gastos com o arrendamento da terra.

Também foram determinados: receita bruta, margem bruta, custo operacional efetivo, custo operacional total, ponto de equilíbrio, lucro operacional e o índice de lucratividade.

5.7. Custos de produção:

A análise de custo de produção foi realizada conforme metodologia sugerida por Martin et al. (1998), na qual procura reunir os componentes de custos, agregando-os de tal forma a permitir uma análise detalhada dos mesmos e da análise de rentabilidade.

Consideraram-se os seguintes custos:

- Custo operacional efetivo (COE): é somatório entre os custos fixos (estufa e sua depreciação) e variáveis (sementes, energia elétrica, manutenção, mão de obra e solução nutritiva). A estufa corresponde a uma área de 850 m² e uma produção estimada de 110.000 plantas ano⁻¹, contudo, foi considerada para efeito de cálculo, uma produção comercial (plantas bem conformadas sem sinais de queima e pendoamento) de 100.000 plantas ano⁻¹.

5.8. Depreciações da estufa e equipamentos:

Pelo método linear, a taxa anual de depreciação foi calculada dividindo-se o custo inicial (preço de aquisição ou preço de reposição) menos um valor final presumido de sucata pelo número de anos de duração provável.

Em qualquer ano, depreciação é:

$$D = \frac{Vi - Vf}{N}$$

Onde:

D = valor da depreciação ao ano

V i= valor inicial, em R\$

Vf = valor final, em R\$

N = vida útil, em anos

Foi considerado o valor de financiamento bancário de R\$ 62.000,00 para aquisição de estufa e equipamentos necessários para o funcionamento da mesma. O valor final da estrutura foi estipulado em 10% do valor inicial considerando-se a vida útil do sistema de 10 anos.

Além da depreciação também foi levada em consideração a manutenção necessária para manter os equipamentos e as instalações em plena condição de uso. Para cobrir os gastos, estipulou-se um percentual de 4% sobre o valor total investido.

- Custo operacional total (COT): é o custo operacional efetivo acrescido dos encargos sociais (36% sobre o valor da despesa com mão-de-obra), Contribuição à Seguridade Social Rural, CSSR (2,2% do valor da renda bruta).

Neste item, também foi considerada uma remuneração empresarial necessária para cobrir as despesas básicas do produtor durante cada ano. Esta remuneração foi de R\$ 26.000,00/ano.

- Custo total de produção (CTP): é o custo operacional total acrescido dos gastos com o arrendamento da terra. (R\$ 1.200,00/ano).

5.9. Indicadores de rentabilidade

Os indicadores de análise de resultados utilizados no trabalho foram os seguintes:

a) Receita Bruta (RB): é a receita esperada para uma determinada produção, para um preço de venda pré-definido, ou efetivamente recebido, ou seja:

$$RB = P * Pu$$

Em que:

P = produção da atividade;

Pu = preço unitário do produto da atividade.

b) Margem Bruta (MBCOE): é a margem em relação ao custo operacional efetivo (COE), isto é, o resultado ocorrido após o produtor arcar com o custo operacional efetivo, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade.

Formalizando, tem-se:

$$\text{MBCOE (\%)} = ((\text{RB} - \text{COE}) / \text{COE}) * 100$$

Onde:

MBCOE = margem bruta em relação ao COE

RB = receita bruta;

COE = custo operacional efetivo.

c) Margem Bruta (MBCOT): é definida de forma análoga à margem bruta (COE) para o custo operacional total (COT).

É estimada por:

$$\text{MBCOT (\%)} = (\text{RB} - \text{COT}) / \text{COT} * 100$$

Onde:

MBCOT (%) = margem bruta em relação ao COT.

COT = custo operacional total.

Indica qual a efetividade para cobrir além dos custos efetivos, os encargos sociais e remuneração empresarial (proprietário).

d) Margem Bruta (MBCTP): é a margem em relação ao custo total de produção (CTP), isto é, o resultado ocorrido após o produtor arcar com o custo com todos os custos, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade. É calculada por:

$$\text{MBCTP (\%)} = ((\text{RB} - \text{COT}) / \text{COT}) * 100$$

Onde:

MBCTP (%) = margem bruta em relação ao CTP.

COT = custo total de produção.

Além desses conceitos, foram utilizados os indicadores de custo em relação às unidades de produto, denominados de ponto de equilíbrio. Este determina a produção mínima

necessária para cobrir o custo, dado o preço de venda unitário para o produto. Assim foram considerados os seguintes pontos de equilíbrio:

d) Ponto de Equilíbrio (COE) = COE/P_u

e) Ponto de Equilíbrio (COT) = COT/P_u

f) Ponto de Equilíbrio (CTP) = CTP/P_u

g) Lucro Operacional: constitui a diferença entre a receita bruta e o custo operacional total (COT) por ano.

Desse modo tem-se:

$$LO = RB - COT$$

O indicador de resultado lucro operacional (LO) mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade.

h) Índice de lucratividade (IL): esse indicador mostra a relação entre o lucro operacional (LO) e a receita bruta (RB) em percentagem. É uma medida importante de rentabilidade da atividade agropecuária, uma vez que mostra a taxa disponível de receita da atividade após o pagamento de todos os custos operacionais, encargos, etc., inclusive as depreciações.

Para o valor de venda unitário da alface produzida nesta pesquisa adotando-se a metodologia proposta por Monteiro Filho (2015), onde o valor de venda unitário da alface é estipulado correlacionando o peso médio da alface produzida com os comerciantes nos principais supermercados do município de Campina Grande/PB, seguido os seguintes critérios:

Plantas com peso inferior a 75 g = R\$ 0,50;

Plantas com peso entre 76 e 100 g = R\$ 0,75;

Plantas com peso entre 101 e 150 g = R\$ 1,00;

Plantas com peso superior a 150 g = R\$ 1,25.

5.9.1. Análise estatística

Os dados de crescimento e produção obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo na análise da variância, as médias obtidas nos diferentes tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

6. Resultados e discussões

Verifica-se na Tabela 3 os valores de pH das águas residuárias e do poço utilizadas no cultivo hidropônico: 7,4 (poço), 8,0 (esgoto bruto) e 8,2 (UASB) respectivamente. Como afirma Martinez, (2002), em sistemas hidropônicos a faixa ideal desse parâmetro para a cultura da alface deve estar entre 5,5 e 6,5. Desta forma, os valores de pH encontrados nas soluções do presente experimento são considerados altos.

Tabela 3 -Caracterização físico-química das águas utilizadas no cultivo hidropônico

Determinações	Água utilizada		
	Poço	Esgoto bruto	UASB
pH	7,4	8,0	8,2
Condutividade Elétrica (dS.m ⁻¹)	1,002	2,368	2,409
Cálcio (mmol/L)	1,98	4,55	2,40
Magnésio (mmol/L)	1,88	2,25	4,60
Sódio (mmol/L)	4,69	12,32	13,48
Potássio (mmol/L)	0,41	1,39	0,89
Cloretos (mmol/L)	6,43	9,28	12,76
Carbonatos (mmol/L)	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (mmol/L)	1,26	13,98	9,66
P-Total (mg L ⁻¹)	1,83	19,02	13,41
Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg L)	15,23	0,00	0,00
Amônia (NH ₃) (mg L ⁻¹)	0,11	1,19	52,46
RAS	3,02	9,59	8,15
Classe de água para irrigação	C ₂ S ₂ T ₂	C ₃ S ₁ T ₃	C ₃ S ₁ T ₃

Relação de adsorção de sódio (RAS)

Os valores de condutividade elétrica (CE) encontrados nas águas residuárias e de poço, foram respectivamente de 1,002 dSm¹ (Poço), 2,368 dSm¹ (Esgoto bruto) e 2,409 dSm¹ (UASB). Conforme a classificação para a irrigação proposta por Ayers e Westcot (1999), a alface atinge rendimento potencial máximo com níveis de salinização ente 0,9 e 1,3 dSm⁻¹. Como afirma Gondim et. al (2010), ao avaliar a condutividade elétrica na produção e nutrição da alface em sistema de cultivo hidropônico, foi constatado que a solução com condutividade de 2,6 dS m⁻¹foi responsável por uma maior produção por planta, ocasionando, porém, um

menor crescimento radicular. Já em estudo conduzido por Soares (2002), em clima quente são considerados ideais no plantio da alface, em sistema hidropônico, valores de CE entre 1,6 e 1,8 dS m⁻¹.

De acordo com Ayers & Westcot (1999), a (CE) da água residuária caracteriza-se como de Classe 2 (0,3 a 0,8 dS m⁻¹). Nas águas residuárias e do poço, utilizadas no cultivo hidropônico da alface, os níveis de cálcio apresentaram valores de 1,98 (Poço), 4,55 (Esgoto bruto) e 2,4 mmol/L (UASB), respectivamente. Já para o sódio, os valores encontrados nas análises foram de 4,69 (Poço), 12,32 (Esgoto bruto) e 13,48 mmol/L (UASB) respectivamente (Tabela 3).

Ainda na Tabela 3, pode-se verificar que as concentrações de magnésio variaram entre 1,88 (Poço); 2,25 (Esgoto bruto) e 4,60 mmol/L (UASB). As concentrações ideais para irrigação, de acordo com Ayers e Westcot (1999), são de 0-20 mmol/L para o cálcio, 0-40 mmol/L para o sódio e entre 0-5 mmol/L para o magnésio.

Os maiores valores de fósforo total encontrados nas águas de Poço, Esgoto Bruto e UASB foram respectivamente: 1,83, 19,02 e 13,41mgL⁻¹ (Tabela 3.). Esses teores, de acordo com a resolução do Conama nº 357, estão acima do permitido para a Classe 1, indicada para a irrigação de hortaliças consumidas cruas, a qual permite um valor máximo de fósforo total de 0,025 mg L⁻¹ (BRASIL, 2005). Os valores críticos de fósforo na água de irrigação, segundo Trani (2001), são de 30 mgL⁻¹. Os teores de nitrato encontrados nas águas residuárias e de poço, utilizadas no cultivo hidropônico da alface crespa citados na Tabela 3, apresentaram 15,23 mgL⁻¹(Poço) e 0,00 mg L para as águas residuais.

A ausência do nitrato nas águas residuais pode ser justificada devido às chuvas ocorrentes no período da coleta. Tal como descrito por Neal et al. (2012), o ion de nitrato, em geral, diminuiu as concentrações com o aumento do fluxo de água na solução, apresentando uma relação complexa. Como afirmam Ayers e Westcot (1999), para valores de até 5 mg L⁻¹ de nitrato, não existe restrição para uso na irrigação, e de 5 a 30 mg L⁻¹ a restrição é de ligeira a moderada. Já para Trani (2001) e Brasil (2005), os valores-limites de nitrato são de até 10,0 mg L⁻¹na água de irrigação para hortaliças, para que não ocorram problemas de contaminação de águas subterrâneas e superficiais e de saúde aos consumidores de alimentos com excesso de nitrato. Assim sendo, a hidroponia oferece condições favoráveis ao cultivo com águas residuais pois não oferece risco de contaminação do solo, bem como das águas subterrâneas e superficiais.

Segundo Boink e Speijers (2001), as hortaliças folhosas, dentre as quais a alface, o repolho e o espinafre, tendem a acumular nitrato em seus tecidos. A toxidez do nitrato em humanos, por si só, é baixa; no entanto, de 5 a 10% do NO_3^- ingeridos na alimentação é convertido em nitrito (NO_2^-) na saliva bucal ou por redução gastrintestinal. Assim, o nitrito entrando na corrente sanguínea oxida o ferro (Fe^{2+} Fe^{3+}) da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina e sendo responsável pela ocorrência da metahemoglobinemia em humanos. Como afirma Rodrigues et. al (2011) a metahemoglobinemia é uma síndrome de etiologias distintas, de prevalência indeterminada, e que reúne alterações congênitas variadas e reações a agentes químicos diversos.

Analizando os dados da amônia dos dois efluentes e da água de poço, pode-se perceber que os valores maiores foram na água do efluente da Extrabes com $52,46 \text{ (mgL}^{-1}\text{)}$ Tabela 1. Ainda na Tabela 3, verifica-se os resultados da razão de absorção de sódio (RAS) das águas residuárias e de poço utilizadas nesta pesquisa foram de $3,02 \text{ mmolc L}^{-1}$ (Poço), $9,59 \text{ mmolc L}^{-1}$ (Esgoto bruto) e $8,15 \text{ mmolc L}^{-1}$ (UASB).

Foram avaliados sob os três aspectos fundamentais quanto ao uso na irrigação: salinidade (C), sodicidade (S) e toxidade (T) de íons. A água do poço apresentou classificação de $\text{C}_2\text{S}_1\text{T}_2$ e $\text{C}_2\text{S}_2\text{T}_2$. O que corresponde, C_2 - Água de média salinidade. Neste caso, pode ser usada sem restrições e quando houver uma lixiviação moderada de sais, S_1 - água de baixa sodicidade ou com baixa concentração de sódio e S_2 - água de sodicidade média ou com média concentração de sódio.

Verificando os dados do Esgoto bruto e do efluente do UASB (Tabela 3), que se apresentaram acima dos limites de classificação das classes de águas para a irrigação $\text{C}_3\text{S}_1\text{T}_3$ C_3 - Água de alta salinidade, deste modo não podem ser utilizadas em solos com drenagem deficiente. Sendo assim, são águas de alta salinidade, baixa sodicidade e podem apresentar severos problemas de toxidez nas plantas. O efeito da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas é um assunto discutido em vários países, principalmente, nos que apresentam regiões áridas e semiáridas (RIBEIRO et al., 2009).

No Brasil, uma maior importância em relação a esse assunto é dada ao sertão nordestino, onde a evapotranspiração supera a precipitação e, por consequência, impossibilita a percolação da água através do perfil e, conseqüentemente, a lixiviação dos sais do solo (FREIRE & FREIRE, 2007). Nestes ambientes, há tendência de acúmulo de sais, liberados dos minerais do material de origem (plagioclásio), predominantemente, os cátions Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+2} , K^+ e os ânions Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- e CO_3^{2-} (RIBEIRO et al., 2009).

Desta forma, o maior efeito dos efluentes de reatores biológicos de tratamento de esgotos nas propriedades físicas e hidráulicas do solo está relacionado à sua salinidade e sodicidade, que podem provocar alterações em suas propriedades físico-hídricas, dentre elas a condutividade hidráulica e porosidade total; responsáveis pelo movimento e armazenamento da água no solo (QUIROZ, 2009).

Um dos grandes desafios da humanidade é tornar as atividades de exploração dos recursos naturais sustentáveis. Atualmente são evidentes os problemas de degradação dos solos relacionados com atividades antrópicas. Um solo se degrada quando são modificadas as suas características físicas, químicas e biológicas. O desgaste pode ser provocado por esgotamento, desmatamento, erosão, compactação, salinização e desertificação (MAJOR & SALES, 2012). De acordo com Kobiyama et al. (2001) isso acontece em decorrência da adoção de técnicas de exploração dos recursos naturais inadequadas à manutenção do meio ambiente. Apesar de haver diferentes tipos de práticas de uso da terra, o resultado final geralmente é sempre negativo ao meio ambiente por apresentarem um mesmo objetivo que é o atendimento imediato da demanda mundial por recursos naturais (FOLEY, 2005). Cooper (2008) enfatiza que a degradação causada ao solo, por afetar diretamente a produção agrícola e o meio ambiente, causa instabilidade social e política, reduz a área de remanescentes florestais, acelera a exploração de terras marginais e frágeis, aumenta a poluição dos mananciais e a emissão de gases que provocam efeito estufa.

Na Tabela 4, encontram-se os quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo das soluções nutritivas minerais, a partir da caracterização físico-química das águas utilizadas na irrigação do cultivo hidropônico das cultivares Thais, Vanda e Veronica.

Tabela 4 - Quantitativo dos fertilizantes utilizados no preparo das soluções nutritivas minerais a partir da caracterização físico-química das águas utilizadas nas irrigações do cultivo hidropônico

UASB	199,64 L	Poço	199,64 L	Esgoto bruto	199,58 L
SAM	25,09 g	SAM	22,31g	SAM	23,66 g
Nitracal	193,54g	Nitracal	237,53 g	Nitracal	238,24 g
Nitrapot	121,74g	Nitrapot	80,95 g	Nitrapot	84,06 g
KCl	0,00g	KCl	50,04 g	KCl	46,32 g
CuSO4	0,04g	CuSO4	0,04 g	CuSO4	0,04 g
ZnSO4	0,11g	ZnSO4	0,11 g	ZnSO4	0,11 g
MnSo4	0,49g	MnSo4	0,49 g	MnSo4	0,49 g
MgSO4	0,00g	MgSO4	4,27 g	MgSO4	2,19 g

MO. AM	0,06g	MO. AM	0,06 g	MO. AM	0,06 g
Ac. Borico	0,42g	Ac. Borico	0,42 g	Ac. Borico	0,42 g
MAP	5,14g	MAP	10,43 g	MAP	3,14 g
FeSO4	12,05g	FeSO4	12,05 g	FeSO4	12,05 g

6.1. Produção da alface

Os resultados da análise de variância (Tabela 5) indicaram que a variável MFF obteve diferença estatística entre soluções e cultivares. Já as variáveis NF e PC não diferiram entre si, para as demais não houveram diferença estatística.

Tabela 5 – Resumos da análise de variância para as variáveis Número de Folha por Planta (NFP), Diâmetro Caulinar (DC), Massa Fresca do Caule (MFC), Massa Fresca da Folha (MFF), Produção Total (PT), Produção Comercial (PC) do cultivo hidropônico das três cultivares da alface submetido aos diferentes tratamentos.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)					
		NF	DC	MFC	MFF	PT	PC
Solução (S)	6	222,38**	137,94**	483,83*	25782,23**	30986,63**	30347,52**
Bloco	2	35,52 ^{ns}	13,19 ^{ns}	179,96 ^{ns}	640,81 ^{ns}	1434,45 ^{ns}	1028,41 ^{ns}
Resíduo da parcela	12	13,84	7,02	103,68	2567,76	2948,89	2802,48
Cultivar (C)	2	78,00**	10,43*	48,58 ^{ns}	1470,30**	1949,39**	2150,64**
Cultivar x Solução	12	7,24*	1,15 ^{ns}	100,15 ^{ns}	662,36**	534,46 ^{ns}	617,87*
Resíduo da subparcela	26	3,98	2,45	100,61	253,41	315,55	330,67
CV 1		26,76	22,97	162,42	82,52	77,82	79,44
CV 2		14,35	13,58	160,00	25,92	25,46	27,29
Média geral		13,90	11,53	6,26	61,41	69,78	66,64

GL – grau de liberdade; ^{ns} não significativo; ** significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo teste F; CV= coeficiente de variância; Q = Quadrática; L = Regressão linear

Verifica-se na Tabela 6 o resumo da análise de variância para as variáveis de produção. Como afirmam Taiz e Zeiger (2013), tais variáveis são importantes para determinação do crescimento da planta. Os resultados da análise de variância Tabela 6 indicaram que as variáveis MSC e MSF foram influenciados significativamente pela interação solução versus cultivar.

Tabela 6 - Resumos da Análise de variância para as variáveis Massa Seca do Caule (MSC) e Massa Seca da Folha (MSF) no final do cultivo hidropônico das três cultivares da alface submetido aos diferentes tratamentos.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)	
		MSC	MSF
Solução (S)	6	18,13 ^{**}	12,31 ^{**}
Bloco	2	3,82 ^{ns}	6,82 [*]
Resíduo da parcela	12	0,77	0,01
Cultivar (C)	2	2,69 ^{ns}	0,92 ^{ns}
Cultivar xSolução	12	4,44 ^{**}	2,26 [*]
Resíduo da subparcela	26	1,75	0,03
CV 1		21,65	32,30
CV 2		32,73	53,02
Média geral		4,05	0,37

GL – grau de liberdade; ^{ns} não significativo; ^{**} significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ^{*} significativo a nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo teste F; CV= coeficiente de variância; Q = Quadrática; L = Regressão linear

Para a variável número de folhas (NF) foram encontrados os maiores valores quando se utilizou as soluções S₇ (Água residuária otimizada) (Figura 6). Essa solução possibilitou uma maior quantidade de folhas nas três cultivares utilizadas (Thaís, Vanda e Verônica). Esses resultados foram similares aos encontrados para a cultivar Vanda quando utilizado a solução S₂ (Esgoto bruto) e a cultivar Verônica quando utilizado a solução S₅ (água de poço otimizada). Os menores valores foram registrados quando utilizada a solução S₄ (água de poço). As soluções S₂ e S₆, respectivamente (Água residuária doméstica) e (Água residuária otimizada) não diferiram estatisticamente do tratamento S₁ (Solução de Furlani).

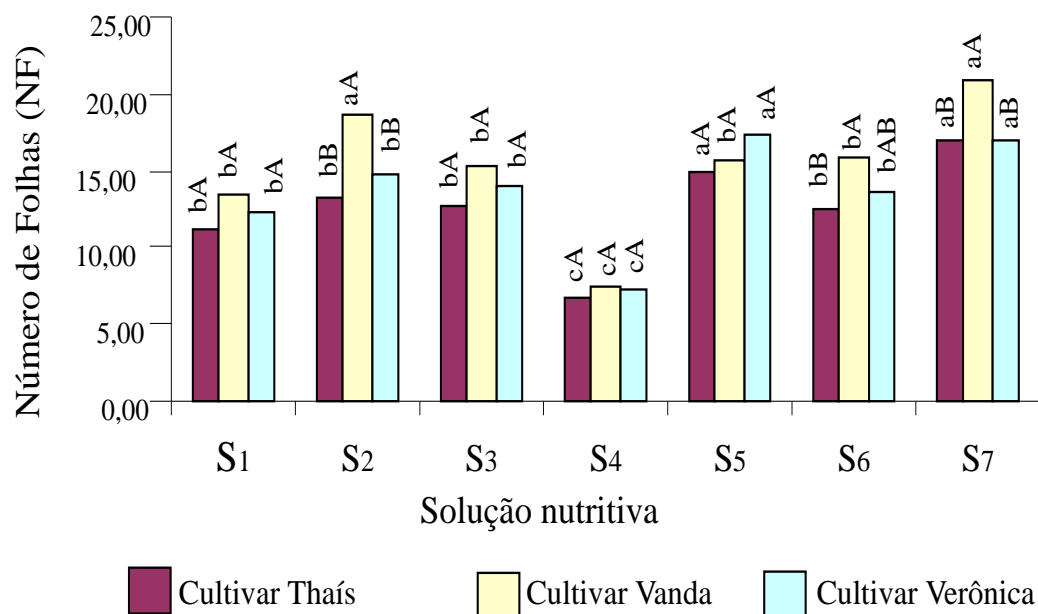


Figura 6. Número de Folhas (NF) a da alface em função do desdobramento da interação entre soluções nutritivas S₁; S₂; S₃; S₄; S₅; S₆ e S₇ e cultivares da alface crespa Thaís, Vanda e Verônica.

Porém, o número de folhas encontrados nesse estudo foram inferiores ao relatado por Magalhães et al. (2010), que obteve uma média de 27 folhas por planta para cultura da alface em sistema hidropônico. Da mesma forma, Magalhães et al. (2005), encontraram médias de 38,7 folhas por planta em estudo sobre linhagens e cultivares de alface sob cultivo hidropônico.

Verifica-se na Figura 7, que a solução S₇ obteve o melhor resultado para a variável (DC), obtendo média de 15mm. As soluções S₁, S₂, S₃, S₅ e S₆ não diferiram estatisticamente entre si. Já a solução S₄ obteve o menor resultado para essa variável. A cultivar Verônica apresentou melhor resultado, já as cultivares Thaís e Vanda não diferiram estatisticamente em si. Vale ressaltar que a característica diâmetro do caule é de grande importância para a indústria de *fast food*, pois este é retirado manualmente para posterior fatiamento da cabeça da alface, quanto mais espesso é o caule mais rápido ele é retirado, aumentando o rendimento industrial (MOTA, 2001).

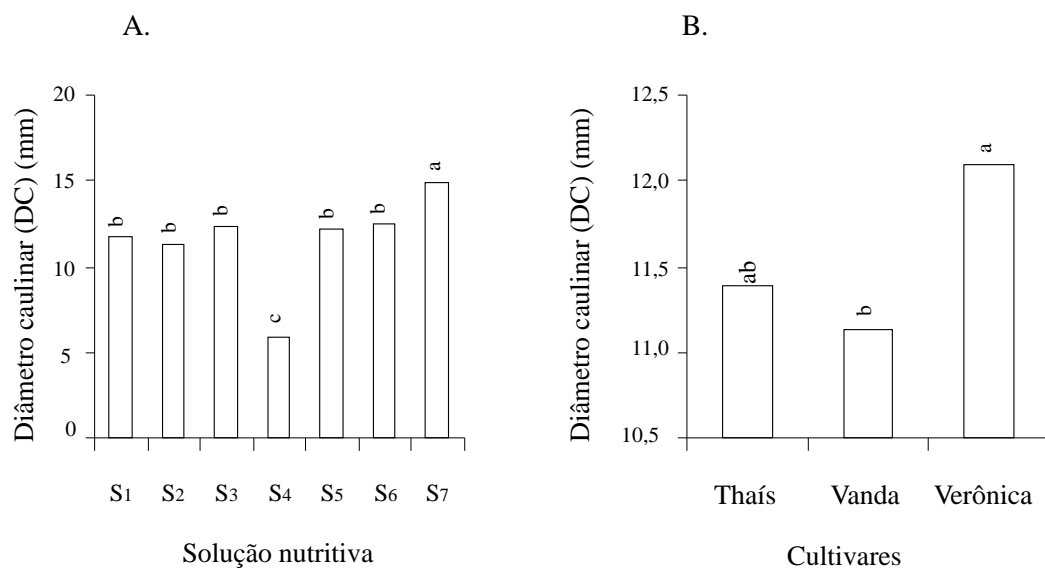


Figura 7. Diâmetro Caulinar (DC) da alface em função do efeito isolado das soluções nutritivas S₁; S₂; S₃; S₄; S₅; S₆ e S₇ (A) e das cultivares da alface crespa Thaís, Vanda e Verônica (B). S₁ = solução de Furlani; S₂ = água residuária doméstica; S₃ = água residuária doméstica otimizada; S₄ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea; S₅ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea otimizada; S₆ = solução água residuária provenientes do reator UASB e S₇ = solução água residuária provenientes do reator UASB otimizada

O diâmetro do caule está diretamente relacionado com a massa foliar pois um maior diâmetro caulinar significa que a planta possui uma maior vascularização e, por conseguinte, uma maior massa foliar. Essa constatação pode ser comprovada nesse estudo, onde as soluções que proporcionaram um maior diâmetro caulinar também proporcionaram uma maior massa foliar, confirmando os resultados encontrados por Helbel Junior et al. (2007) e Helbel Junior et al. (2008).

Segundo Boyden & Rababah (1996) a alface em cultivo hidropônico é capaz de extrair aproximadamente 77% do fósforo e 80% do nitrogênio contidos na solução de efluentes de tratamento de esgoto sanitário, mostrando que além de presentes na solução, estes nutrientes também estão disponíveis para serem absorvidos. Ottoson et al., (2005) afirmam que a hidroponia pode ser utilizada como forma de tratamento alternativo para águas residuais, pois constataram que a mesma é capaz de reduzir a carga microbiana do efluente, podendo ser viável para tratar ao menos efluentes de pequenas populações, como é o caso de zonas rurais.

O tratamento de efluentes e sua reutilização na hidroponia pode muito bem ser uma alternativa para aliviar a demanda sobre as reservas limitadas de água doce, bem como fornecer nutrientes que melhorem a capacidade de produção da agricultura, sobretudo da

agricultura familiar. Hespanhol (2008) afirma que efluentes de sistemas convencionais de tratamento de esgoto, tais como lodos ativados, têm uma concentração de cerca de 15 mg L⁻¹ de N total e 3 mg L⁻¹ de P total, proporcionando taxas usuais de irrigação em zonas semiáridas uma aplicação de N e P de 300 e 60 Kg ha⁻¹.

Verifica-se na Figura 8, que a solução S₇ obteve o melhor resultado para a variável massa fresca do caule (MFC), com média de 15g, porém, não diferiu estatisticamente das soluções S₅ e S₆. As soluções S₁, S₂, S₃ e S₄ não diferiram estatisticamente entre si, bem como apresentaram os menores resultados para esta variável.

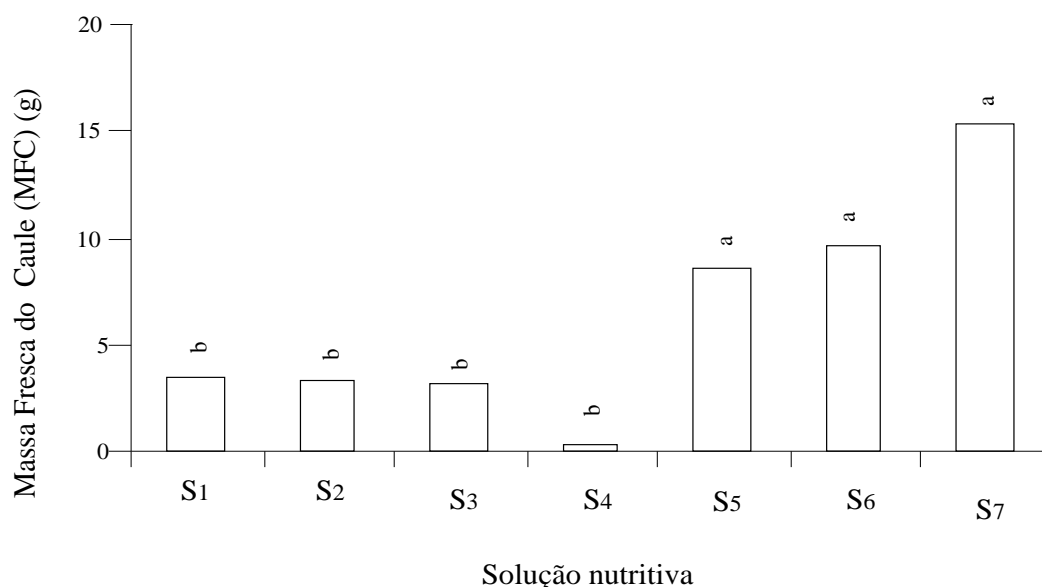


Figura 8. Massa Fresca do Caule (MFC) da alface em função do efeito isolado das soluções nutritivas S₁; S₂; S₃; S₄; S₅; S₆ e S₇. S₁ = solução de Furlani; S₂ = água residuária doméstica; S₃ = água residuária doméstica otimizada; S₄ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea; S₅ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea otimizada; S₆ = solução água residuária provenientes do reator UASB e S₇ = solução água residuária provenientes do reator UASB otimizada.

A solução S₇ possibilitou o melhor resultado para a variável massa fresca das folhas (MFF) para as três cultivares analisadas (Figura 9). Porém, não houve diferença estatística para a cultivar Verônica disposta na solução S₅. Os menores valores para esta variável foram encontrados na solução S₄, para todas as cultivares testadas.

Como afirma Cometti et al. (2008), a variável massa fresca das folhas é importante uma vez que muitos produtores hidropônicos vêm oferecendo o produto minimamente processado, na forma de folhas destacadas, lavadas e embaladas em bandejas, de maneira que o mais relevante não é mais a produção da “cabeça” de alface, mas, sim, a massa de folhas pela qual as embalagens são padronizadas.

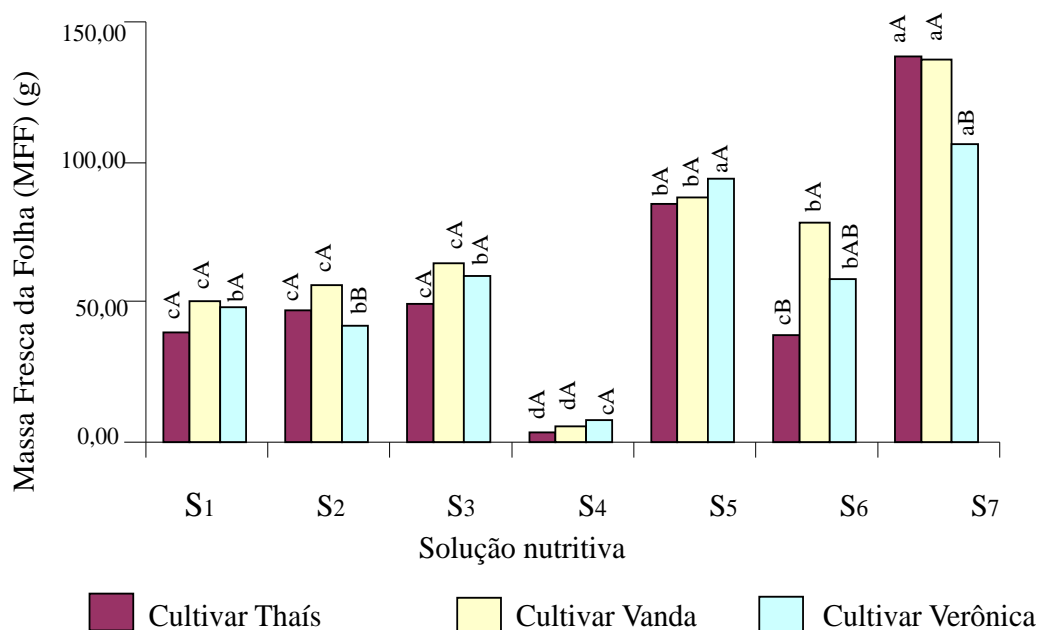


Figura 9. Massa Fresca da Folha (MFF) da alface em função do desdobramento da interação entre soluções nutritivas minerais S₁; S₂; S₃; S₄; S₅; S₆ e S₇ e cultivares da alface crespa Thaís, Vanda e Verônica; médias seguidas de mesma letra minúscula as soluções não diferem entre si dentro da mesma cultivar, médias seguidas de mesma letra maiúscula as cultivares não diferem entre si dentro da mesma solução.

Os maiores valores de magnésio contido na solução S₇ podem ser a explicação para as maiores leituras para esta variável (MFF), pois de acordo com Taiz e Zeiger (2013), o magnésio é essencial na fotossíntese, pois participa dos processos metabólicos como a formação de ATP nos cloroplastos. O magnésio também atua na síntese proteica, formação de clorofila, carregamento do floema e na separação e utilização de fotoassimilados. O magnésio em presença de fósforo possibilita uma aceleração considerável na translocação de nutrientes pela planta, favorecendo a absorção pela mesma, dando melhores condições ao desenvolvimento vegetal.

Verifica-se abaixo (Figura 10), que os maiores valores referentes à produção total (PT) foram obtidos quando se utilizou água residual tratada (S₇) e água de poço otimizada (S₅), ambos não diferiram estatisticamente entre si. Analisando isoladamente as cultivares a cultivar Vanda obteve os melhores resultados, obtendo média de 80g por planta.

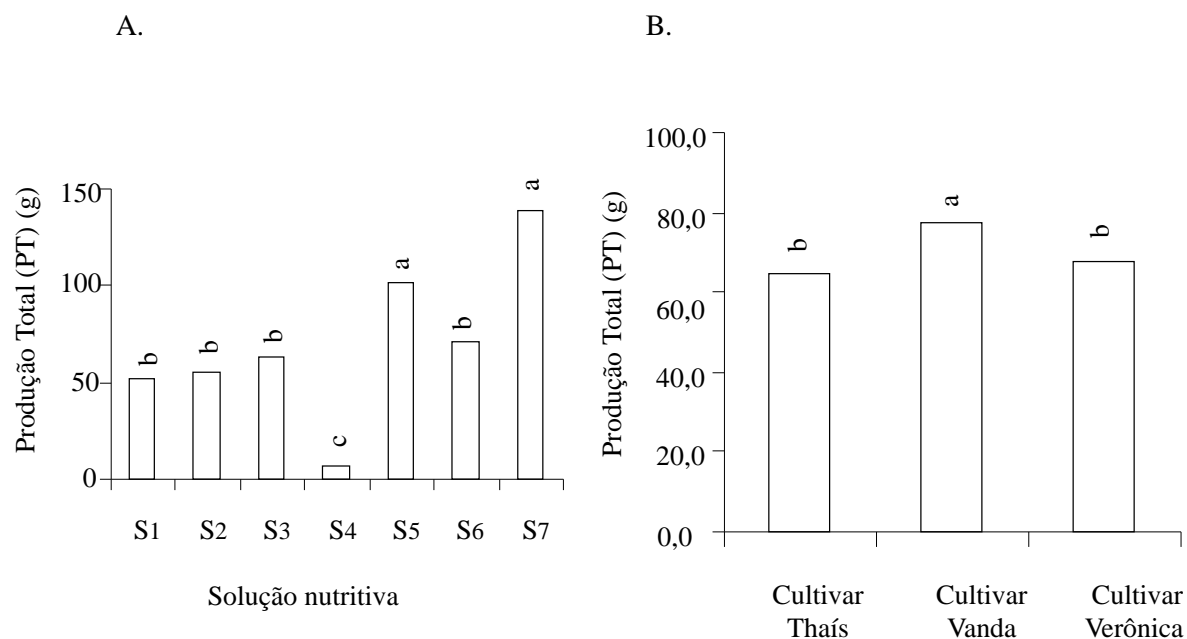


Figura 10. Produção Total (PT) da alface em função do efeito isolado das soluções nutritivas S₁; S₂; S₃; S₄; S₅; S₆ e S₇ (A) e das cultivares da alface crespa Thaís, Vanda e Verônica (B).

Analisando os dados referente a produção comercial Figura 11, percebe-se que o maior valor para esta variável foi obtido com a utilização da solução água residuária proveniente do reator UASB otimizada (S₇), com médias de 150 g para variedade Vanda e 145 g para a Thaís. Comparando-se as soluções nutritivas entre si, dentro da mesma cultivar, também se constata que a água poço (S₄) foi a que promoveu a menor produção comercial (Figura 11).

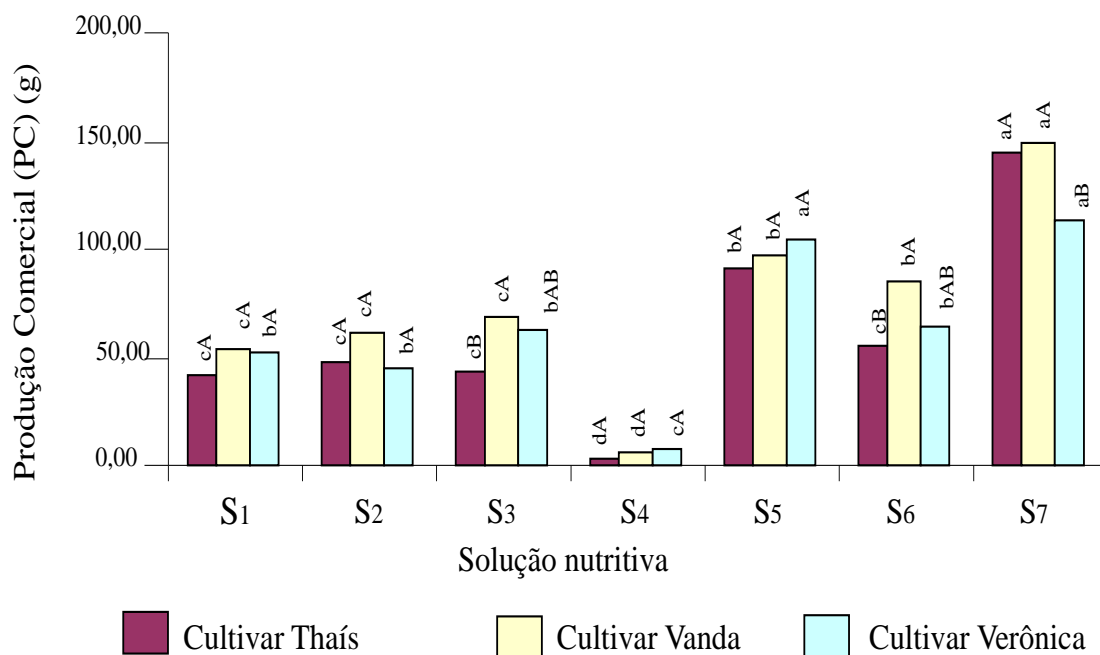


Figura 11. Produção Comercial (PC) da alface em função do desdobramento da interação entre soluções nutritivas S1; S2; S3; S4; S5; S6 e S7 e cultivares da alface crespa Thaís, Vanda e Verônica; médias seguidas de mesma letra minúscula as soluções não diferem entre si dentro da mesma cultivar e médias seguidas de mesma letra maiúscula as cultivares não diferem entre si dentro da mesma solução.

6.2. Qualidade microbiológica da alface crespa hidropônica cultivada com diferentes soluções

Análises microbiológicas

A análise microbiológica é necessária para a obtenção de informações sobre as condições de higiene durante sua produção. No Brasil, pelo fato da prática do reuso de efluentes para o cultivo de hortaliças em sistema hidropônico não ser normatizada, não existem limites para estes parâmetros microbiológicos. Dessa forma, para efeito de comparação, foi utilizada como referência a Resolução RDC nº 12 de 02 de Janeiro de 2001, a qual estipula como padrões microbiológicos para hortaliças frescas, preparadas, sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para o consumo direto possuindo limite máximo de 10^2 coliformes termotolerantes (BRASIL, 2001).

Os resultados obtidos em todos os tratamentos (Tabela 7) atendem ao padrão estabelecido pela RDC nº 12 de 02/01/2001 da ANVISA (BRASIL, 2001), que foram ausentes para a termotolerantes. No cultivo hidropônico as folhas não possuem contato direto com a solução nutritiva, desta forma tem-se uma menor probabilidade de contaminação, desde

que seja realizado o manejo adequado, fato este quase impossível de ser obtido no cultivo convencional.

Tabela 7 - Qualidade microbiológica das cultivares da alface submetida aos diferentes tratamentos.

Amostra	Coliformes totais (35°C)			Coliformes a (45°C)		
	NMP/g	Intervalo de Confiança		NMP/g	Intervalo de Confiança	
		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
B ₁ S ₁	>1,6	700	-	< 1,8	-	6,8
B ₁ S ₂	1,8	0,09	6,8	< 1,8	-	6,8
B ₁ S ₃	2	0,1	10	< 1,8	-	6,8
B ₁ S ₄	4	0,7	12	< 1,8	-	6,8
B ₁ S ₅	180	70	400	< 1,8	-	6,8
B ₁ S ₆	1,8	0,09	6,9	< 1,8	-	6,8
B ₁ S ₇	4	0,7	12	< 1,8	-	6,8
B ₂ S ₁	9,3	3,4	22	< 1,8	-	6,8
B ₂ S ₂	< 1,8	-	6,8	< 1,8	-	6,8
B ₂ S ₃	14	5,9	36	< 1,8	-	6,8
B ₂ S ₄	17	6,8	40	< 1,8	-	6,8
B ₂ S ₅	1,8	0,009	6,8	< 1,8	-	6,8
B ₂ S ₆	4,5	0,79	15	< 1,8	-	6,8
B ₂ S ₇	2	0,1	10	< 1,8	-	6,8
B ₃ S ₁	2	0,1	10	< 1,8	-	6,8
B ₃ S ₂	24	9,8	70	< 1,8	-	6,8
B ₃ S ₃	< 1,8	-	6,8	< 1,8	-	6,8
B ₃ S ₄	4	0,7	10	< 1,8	-	6,8
B ₃ S ₅	4	0,7	12	< 1,8	-	6,8
B ₃ S ₆	4	0,7	12	< 1,8	-	6,8
B ₃ S ₇	< 1,8	-	6,8	< 1,8	-	6,8

Apesar de todas as amostras apresentarem coliformes totais, a contagem foi baixa. A legislação, RDC nº 12/2001, não descreve valores para coliformes totais, mas de acordo com Berbari, Paschoalino & Silveira (2001), consideram elevadas as contagens de coliformes totais >1.100 NMP/g, tendo em vista que produtos minimamente processados já passaram por algum tipo de sanitização. Contagens elevadas de coliformes totais podem indicar condições higiênico-sanitárias insatisfatórias no processamento ou pós-processamento.

Resultado semelhante foi encontrado por Perin (2006) ao cultivar alface em sistema hidropônico com efluente oriundo de uma lagoa de polimento, porém Rababah (2007), ao utilizar este sistema de cultivo como tratamento primário para esgoto bruto municipal obteve plantas contaminadas e impróprias para o consumo.

Em trabalho semelhante, Smaniotto et al. (2009), avaliaram a qualidade microbiológica de hortaliças minimamente processadas e encontraram contagem de

coliformes totais ≥ 1.100 NMP/g o que, para estes autores, indica a falta ou falha do cumprimento das Boas Práticas de Fabricação pela agroindústria. Segundo Arruda et al. (2002) e Bruno et al. (2005), contagens elevadas de coliformes também podem diminuir a vida útil de prateleira dos produtos e representar riscos para a saúde do consumidor, pois se trata de um grupo de microrganismos indicadores de contaminação fecal.

A maioria dos hortifrutigranjeiros não realizam análises de qualidade da água de irrigação, muito menos da lavagem das hortaliças, utilizam na maioria das vezes água de córregos e poços. Comumente esses produtores mantêm reservatórios de água em locais susceptíveis a contaminação. Existe também o agravante de haver falta de assistência técnica no manejo, tornando a água a causadora de muitas das contaminações de alimentos, principalmente as folhosas que são consumidas cruas, veiculando enteroparasitas e bactérias, como demonstram as pesquisas de Almeida (2008).

Usualmente a alface é consumida crua, tendo muitas vezes como único processo de higienização uma simples lavagem recebida antes do consumo. Se os processos de limpeza e sanitização forem conduzidos de forma inadequada, poderão propiciar a transmissão de diversas doenças. Desta forma, a contaminação da hortaliça é um fator limitante para sua comercialização. Condições sanitárias desfavoráveis nas áreas rurais e urbanas favorecem essa contaminação, transformando os vegetais em veículos de transmissão de patógenos.

A contaminação microbiana ou contaminação cruzada de produtos hortifrutícolas durante as atividades de pré-colheita e colheita pode ser o resultado de contatos do produto com o solo, fertilizantes, água, trabalhadores e equipamentos de colheita. Qualquer um desses pode ser uma fonte de microrganismos patogênicos ou deterioradores.

É considerado um alimento seguro aquele que não apresenta riscos à saúde humana, não degrada o meio ambiente e promove a melhora da qualidade de vida das pessoas relacionadas à cadeia de produção. A maioria dos horticultores não dispõe de análise de qualidade da água de irrigação, bem como a de lavagem das hortaliças, utilizando água de córregos, poços, mantendo reservatórios em locais inadequados (próximo de criações de animais) e falta de instruções no manejo, tornando a água a causadora de muitas das contaminações de alimentos, principalmente as folhosas que são consumidas cruas, veiculando enteroparasitas e bactérias, como demonstram as pesquisas de Chistovão (1957) e Almeida (2008).

Vivenciamos uma grave crise socioambiental, desta forma cresce veementemente a necessidade de fomentar na sociedade uma nova percepção de mundo, a qual consiga reunir elementos necessários a uma compreensão sistêmica e reflexiva do ambiente no qual estão

inseridos. À medida que se busca proteger o meio ambiente, bem como recuperar recursos degradados buscando o bem estar social, a gestão urbana se desenvolve buscando atuar em complexas unidades espaciais divididos entre fatores, atores e interesses. Sendo assim, tal complexidade entre essas relações expõe que a utilização de medidas tão objetivas, a exemplo de legislações mais incisivas, melhorias nas redes coletoras de esgoto e sistemas de tratamento, por si só, não são suficientes para que ocorra uma reversão do quadro crítico de degradação ambiental no qual presenciamos (SILVA; BRAGA, 2010).

A perceptível complexidade evidenciada no meio ambiente, deposita a necessidade de efetivarem-se ações integradas nos campos tecnológicos, políticos e sociais e que seja possível assim haver a possibilidade de construir alternativas que possuam viabilidade para os atuais modelos de desenvolvimento, bem como soluções adequadas aos problemas existentes. Assim sendo, a abordagem a diferentes aspectos de uma maneira integrada, possibilita a criação de condições que permitam a recuperação dos danos ambientais e a redução dos riscos socioambientais cada vez mais evidenciados.

6.3.1. Viabilidade econômica

A Tabela 8 expõe o peso médio das cultivares crespas produzidas com as soluções, sendo os maiores valores referentes as soluções S₅ e S₇.

Tabela 8 -Peso médio das cultivares de alface crespa produzidas com as soluções. S₁ = solução de Furlani; S₂ = água residuária doméstica; S₃ = água residuária doméstica otimizada; S₄ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea; S₅ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea otimizada; S₆ = solução água residuária proveniente do reator UASB e S₇ = solução água residuária proveniente do reator UASB otimizada.

Cultivares	Soluções nutritivas						
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
	g						
Thaís	41,5	48	45	5	90	55	144
Vanda	52	63	66	6	97	85	150
Verônica	50	45	63	8	104	64	114

A Tabela 9 apresenta os custos de produção da alface hidropônica utilizando água residuária. Para os custos fixos são consideradas as despesas que não sofrem alteração de valor em caso de aumento ou diminuição da produção, deste modo independem do nível da atividade. Já os custos variáveis se modificam proporcionalmente de acordo com o nível de produção ou atividades, sendo seus valores dependentes diretamente do volume produzido num determinado período. Os custos operacionais estão ligados diretamente à atividade da empresa, a exemplo dos gastos com encargos sociais e remunerações.

Tabela 9 -Valores unitários dos itens utilizados no custo de produção da alface hidropônica em função das diferentes soluções nutritivas. S₁ = solução de Furlani; S₂ = água residuária doméstica; S₃ = água residuária doméstica otimizada; S₄ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea; S₅ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea otimizada; S₆ = solução água residuária provenientes do reator UASB e S₇ = solução água residuária provenientes do reator UASB otimizada respectivamente

Custo fixo (A)	Soluções nutritivas						
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
	g						
Estufa	14.000,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00	14.000,00
Depreciação	5.100,00	5.100,00	5.100,00	5.100,00	5.100,00	5.100,00	5.100,00
Custos variáveis (B)							
Sementes	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00
Energia elétrica	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00
Espuma	1.450,00	1.450,00	1.450,00	1.450,00	1.450,00	1.450,00	1.450,00
Manutenção	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00
Mão-de-obra	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00
Solução nutritiva	1.172,00	552,00	1.677,00	685,00	249,00	249,00	1.028,00
COE (A+B)	31.022,00	30.402,00	31.527,00	30.535,00	30.099,00	30.099,00	30.878,00
Outros Custos Operacionais (C)							
Encargos sociais	3.710,00	3.710,00	3.710,00	3.710,00	3.710,00	3.710,00	3.710,00
CESSR	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	2.200,00	1.100,00	2.200,00
Remuneração empresarial	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00	26.000,00
COT (COE + C)	61.832,00	61.212,00	62.337,00	61.345,00	62.009,00	62.909,00	62.788,00
Outros Custos Fixos (D)							
Arrendamento (F)	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00
CTP (A+B+C+D+F)	63.032,00	62.412,00	63.537,00	62.545,00	63.209,00	62.109,00	63.988,00

COE= Custo Operacional Efetivo; COT = Custo Operacional Total; CTP = Custo Total de Produção; CSSR = Contribuição à Seguridade Social Rural.

Verificou-se na Tabela 9 que o custo operacional efetivo (COE) representou, em média, 49% do custo total de produção (CTP), sendo o custo para quitação do financiamento da estufa o que representaria maior impacto ao produtor. Silva & Schwonka (2006) constataram que os maiores custos de implantação do sistema hidropônico estão relacionados à aquisição de estufa e equipamento.

O custo operacional total (COT) aumentou, em relação ao custo operacional efetivo (COE) na ordem de 99,31; 101,34; 97,7; 101; 106; 109 e 103,3 %, com o uso das soluções S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆ e S₇, respectivamente. Este acréscimo foi proveniente das despesas com a remuneração empresarial, encargos sociais e Contribuição Especial da Seguridade Social Rural (CESSR), considerando toda a produção anual. As pequenas oscilações observadas entre os percentuais de incremento ocorreram devido a CESSR, já que esta contribuição é calculada sobre a receita bruta do empreendimento.

É importante ressaltar que a remuneração empresarial durante o processo produtivo correspondeu, em média, a 41,88% do COT. Este valor destaca-se devido a sua importância, pois garante uma renda mensal ao agricultor durante o processo produtivo mesmo sem contar com os lucros advindos da produção.

Já o CTP foi determinado somando-se ao custo operacional total a despesa com o arrendamento da terra, na qual foi estimado em R\$ 1.200,00/ano, este é o valor médio cobrado pelo arrendamento de 1ha nas propriedades rurais localizadas município de Lagoa Seca, Paraíba. O CTP atingiu valores de R\$ 63.032,00; 62.412,00; 63.537,00; 62.545,00; 63.209,00; 62.109,00 e 63.988,00 para as alfaces cultivadas com as soluções de S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆ e S₇, respectivamente (Tabela 9).

6.4. Rentabilidade da produção

Os indicadores de rentabilidade obtidos para as diferentes cultivares e soluções nutritivas encontram-se na Tabela 10.

Observa-se na Tabela 10 que a cultivar Verônica apresentou a maior receita bruta (RB) com a utilização das soluções S₅ e S₇, com receita de R\$100.000,00/ano para ambos os tratamentos. Já a cultivar Vanda apresentou receita bruta de R\$ 75.000,00 para a solução S₅ e R\$ 125.000,00 para a solução S₇. Por sua vez, a cultivar Thaís apresentou receita bruta de R\$ 75.000,00 para S₅ e R\$100.000,00 para S₇.

Tabela 10. Índices de rentabilidade das cultivares de alface crespa em função das diferentes soluções nutritivas. S₁ = Solução de Furlani; S₂ = água residuária doméstica; S₃ = água residuária doméstica otimizada; S₄ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea; S₅ = água salobra de poços tubulares perfurados para captação de água subterrânea otimizada; S₆ = solução água residuária provenientes do reator UASB e S₇ = solução água residuária provenientes do reator UASB otimizada respectivamente

Cultivar Verônica								
	UND	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
RB	1000 R\$	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	100.000,00	50.000,00	100.000,00
MBCOE	%	61,18	64,46	58,59	63,75	232,24	66,12	223,85
MBCOT	%	-19,14	-18,32	-19,79	-18,49	61,27	-17,91	59,27
MBCTP	%	-20,28	-19,89	-21,31	-20,06	58,21	-19,50	56,28
PNCOE	1000 UND	62.044,13	60.804,48	63.055,15	61.070,24	30.099,08	60.198,41	30.878,03
PNCOT	1000 UND	123.664,13	122.424,48	124.675,15	122.690,24	62.009,08	121.818,41	62.788,03
PNCTP	1000 UND	126.064,13	124.824,48	127.075,15	125.090,24	63.209,08	124.218,41	63.988,03
L.O	1000 R\$	-11832,07	-11.212,24	-12.337,58	-11.345,12	37.990,92	-10.909,20	37.211,97
I.L	%	-23,66	-22,42	-24,68	-22,69	37,99	-21,81	37,21
Cultivar Vanda								
RB	1000 R\$	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	75.000,00	75.000,00	125.000,00
MBCOE	%	61,18	64,46	58,59	63,75	149,18	149,18	304,82
MBCOT	%	-19,14	-18,32	-19,79	-18,49	20,95	23,13	99,08

MBCTP	%	-20,68	-19,89	-21,31	-20,06	18,65	20,76	95,35
PNCOE	1000 UND	62.044,13	60.804,48	63.055,15	61.070,24	40.132,10	40.132,27	24.702,43
PNCOT	1000 UND	123.664,13	122.424,48	124.675,15	122.690,24	82.678,77	81.212,27	50.230,43
PNCTP	1000 UND	126.064,13	124.824,48	127.075,15	125.090,24	84.278,77	82.812,27	51.190,43
L.O	1000 R\$	-11.832,07	-11.212,24	-12.337,58	-11.345,12	12.990,92	14.090,80	62.211,97
I.L	%	-23,66	-22,42	-24,68	-22,69	17,32	18,79	49,77
Cultivar Thais								
RB	1000 R\$	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	75.000,00	50.000,00	100.000,00
MBCOE	%	61,18	64,46	58,59	63,75	66,12	66,12	61,93
MBCOT	%	-19,14	-18,32	-19,79	-18,49	20,95	-17,91	59,27
MBCTP	%	-20,68	-20,68	-20,68	-20,68	18,99	-20,68	58,65
PNCOE	1000 UND	62.044,13	60.804,48	63.055,15	61.070,24	40.132,10	40.132,27	24.702,43
PNCOT	1000 UND	123.664,13	122.424,48	124.675,15	122.690,24	82.678,77	121.818,41	62.788,03
PNCTP	1000 UND	126.064,13	124.824,48	127.075,15	125.090,24	84.278,77	124.218,41	63.988,03
L.O	1000 R\$	-11.832,07	-11.212,24	-12.337,58	-11.345,12	12.990,92	-10.909,20	37.211,97
I.L	%	-23,66	-22,42	-24,68	-22,69	17,32	-21,82	37,21

RB= Receita Bruta; MBCOE= Margem Bruta Custo Operacional Efetivo; MBCOT = Margem Bruta Custo Operacional Total; MBCTP = Margem Bruta Custo Total de Produção; PNCOE = Ponto de Nivelamento Custo Operacional Efetivo; PNCOT = Ponto de Nivelamento Custo Operacional Total; PNCTP = Ponto de Nivelamento Custo Total de Produção; L.O = lucro operacional; I.L = índice de lucratividade.

Observa-se ainda na Tabela 10, que a cultivar Verônica, Vanda e Thaís apresentaram valores de rentabilidade inferiores a 12% a.a. quando irrigadas com as demais soluções, apresentando assim resultados economicamente inviáveis. Nesses casos a receita bruta seria suficiente apenas para cobrir os custos operacionais efetivos, desta forma não haveria possibilidade de remuneração para o produtor, tornando-se um investimento inviável.

Nos tratamentos onde o ponto de nivelamento do custo total de produção (PNCTP) foi superior a 100.000 unidades por ano, a solução seria inviável economicamente devido ao fato de necessitar de uma produção que fosse acima da capacidade anual que fora projetada. Tal afirmação se assemelha ao que reporta Geisenhoff et al. (2010), que ao avaliar a Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras/MG os autores propuseram um aumento de 2,13% na produção, passando de 6.000,0 para 6.128 a fim de a receita total cobrir todos os custos totais de produção da atividade.

Na análise de investimento deve ser mensurada uma taxa mínima de atratividade econômica, a exemplo de uma base para cálculos de viabilidade, representando a taxa mínima que um investidor se propõe a receber após um determinado investimento. Dal'Sotto (2013), investigando a viabilidade econômica da implantação de um sistema hidropônico para produção de alface sugeriu lucros mínimos similares aos praticados por aplicações de renda fixa, a exemplo dos certificados de depósito bancário (CDB). Esses percentuais costumam sofrer variações ao longo do ano, porém para efeito prático, neste estudo admitiu-se um valor de 12% a.a.

Os resultados obtidos neste trabalho são promissores uma vez que se constatou viabilidade econômica para todas as cultivares com utilização da água residuária do reator UASB e de poço, mediante complementação de seus nutrientes minerais, possibilitando economia ao produtor bem como diminuição da utilização de insumos químicos.

Na simulação do presente estudo, levou-se em consideração um investimento inicial de R\$ 62.000,00, adquirido pelo produtor junto a uma instituição financeira com a cobrança de juros de 6 % a.a. A previsão de quitação do saldo devedor foi de 5 anos, com prestações anuais no valor de R\$ 13.144,00.

No que diz respeito aos índices de lucratividade (Tabela 10), foram encontrados 38% e 37% para a cultivar Verônica com utilização das soluções S₅ e S₇ respectivamente. Dados de lucratividades similares foram encontrados por Monteiro Filho (2015). Os preços das hortaliças geralmente apresentam variações ao longo do ano, isto porque o seu valor final é

definido de acordo com a qualidade do produto, sendo diretamente influenciada pelas condições climáticas.

Analisando os dados de cultivar Vanda (Tabela 10), foram encontrados os índices de 17,32%; 18,79% e 49,77% para as soluções S₅, S₆ e S₇ respectivamente. A cultivar Vanda demonstrou ser a mais adaptada às condições de cultivo com a utilização da solução S₇. Caso todo o lucro obtido na atividade fosse utilizado para débito da dívida, em apenas 12 meses o financiamento seria quitado. Já a cultivar Verônica proporcionou o melhor índice de lucratividade para solução S₅, sendo necessário um período de 20 meses para quitar o investimento.

A cultivar Vanda mostrou-se também ser a única adaptada ao cultivo com a solução S₆ (solução água residuária provenientes do reator UASB), onde o índice de lucratividade atingiu o valor de 18,79% a.a. Isso indica que dentro de cinco anos seria possível quitar o investimento inicial, porém, o cultivo com tal solução apresentaria a melhor viabilidade ambiental pois seria utilizado apenas o efluente do Reator UASB para produção da alface. Já para a cultivar Thaís (Tabela 10), foram encontrados índices de 17 e 37 % para as soluções S₅ e S₇ respectivamente.

A possibilidade de quitação do financiamento antes do prazo estipulado pelo agente financiador é um dado importante, pois reflete a liquidez da atividade. Em pesquisa realizada por Silva & Schwonka (2006), considerando o pagamento do financiamento para um cultivo hidropônico de alface, com a metade do lucro obtido, a quitação ocorreria em 30 meses.

De acordo Potrich et al. (2012), em pesquisa realizada em Frederico Westphalen, no estado do Rio Grande do Sul, 94,4% dos entrevistados pagariam entre R\$ 0,5 e R\$ 1,00 a mais pela unidade da alface hidropônica em virtude do melhor aspecto visual e ausência de agrotóxicos. Andrade et al. (2010) também afirmam a possibilidade da alface hidropônica obter melhores preços em relação a convencional, de acordo com esses autores, em pesquisa conduzida em Uberaba/ MG concluíram que 61,29% dos consumidores estão dispostos a pagar R\$ 1,00 a mais pela alface hidropônica devido aos mesmos fatores citados anteriormente.

A agricultura sustentável deve priorizar, não apenas o viés econômico, mas também buscar tecnologias que promovam um uso mais eficiente dos recursos naturais bem como possibilitar o retorno financeiro justo ao produtor rural. Santos et al (2012) afirmam que a produtividade da alface cultivada em solo é de aproximadamente 18 toneladas por hectare, enquanto que em cultivo hidropônico a mesma chega a atingir médias de 46 toneladas.

Como sugerem as estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) em 2050 teremos 9,1 bilhões de habitantes na Terra. O crescimento populacional e o consequente aumento na demanda por alimentos têm cada vez mais provocado pressões sobre o uso dos recursos naturais (solo, água, biodiversidade), uma vez que essas demandas são atendidas pelo aumento da produção, com a exploração de novas áreas e/ou aumento na produtividade e provocando instabilidade no abastecimento de produtos devido ao uso incorreto dos recursos naturais, levando-os à exaustão e à inviabilidade dos atuais sistemas de produção. Dessa forma, cada vez mais se torna necessária a busca por sistemas de produção que sejam menos danosos ao meio ambiente e que promovam um desenvolvimento social e econômico de forma justa.

Como afirma Rodini (2010), é preciso um novo modo de pensar e promover o desenvolvimento. Um modelo que zele pela distribuição equânime das riquezas entre nações e seus povos, garantindo as futuras e presentes gerações, o atendimento de suas necessidades básicas, baseadas na disponibilidade e capacidade de suporte do planeta.

O desenvolvimento deve ser direcionado ao estabelecimento de sociedades sustentáveis, o qual deverá promover uma educação que alicerce e estimule mudanças de paradigmas, bem como a transformação ética e política dos indivíduos e das instituições, promovendo assim mudanças que percorram o cotidiano individual e coletivo.

7. Considerações finais

As mais variadas crises econômicas, sociais e ambientais evidenciam a inércia da gestão dos poderes públicos diante dos graves problemas provocados pelo modelo de desenvolvimento praticado atualmente. O grande dilema social da contemporaneidade se resume em como encontrar formas de reduzir a pobreza e a desigualdade no mundo sem transgredir ainda mais os limites planetários. Nos últimos 70 anos, o sistema de produção e consumo explorou os recursos naturais renováveis e não renováveis com intensidade e extensão inéditas na história. Os ecossistemas estão sendo alterados e destruídos a um ritmo jamais atingido no passado, enquanto a demanda por alimentos e acima de tudo a água, cresce de maneira insustentável.

A mão-de-obra utilizada no processo produtivo da alface, de um modo geral no Brasil, é basicamente familiar, o que afeta positivamente o sistema pela redução dos custos. Em propriedades com áreas maiores, é necessária a contratação de mão-de-obra extra, o que gera um custo adicional. Em ambos os casos, é uma mão-de-obra pouco qualificada, com um baixo nível educacional e com um nível moderado à resistência na adoção de orientações que alterem a forma tradicional de condução da cultura da alface.

Os resultados desta pesquisa evidenciaram a viabilidade (econômica, social e ambiental) na utilização de efluentes e águas salobras no cultivo hidropônico, propiciando hortaliças com níveis sanitários adequados ao consumo. Porém, mediante o apoio governamental ao crédito e auxílio de assistência técnica a fim de promover o conhecimento técnico, bem como a educação ambiental que propiciem um correto manejo agrícola.

A utilização do efluente das estações de tratamento de esgoto doméstico na hidroponia mostrou-se um importante alternativa para a utilização desses resíduos, bem como, contribui para minimizar os impactos no ambiente. Da mesma forma, o reaproveitamento de efluentes é uma realidade que deve ser cada vez mais investigada, pois é uma maneira de abrandar as necessidades hídricas de toda a sociedade e, adicionalmente, intensificar a produção agrícola devido ao alto teor de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas.

A utilização das soluções sugeridas nessa pesquisa (S₅, S₆ e S₇) reduz o impacto negativo ao ambiente ao se evitar seu lançamento em corpos d'água, como também permite uma economia quanto ao uso de fertilizantes na agricultura e consequentemente aumenta a viabilidade econômica do produto. Todos os tratamentos atenderam ao padrão estabelecido pela RDC nº 12 de 02/01/2001 da ANVISA (BRASIL, 2001), que foram ausentes para coliformes termotolerantes e possuindo níveis toleráveis de coliformes totais.

Por fim, verifica-se que os fatores essenciais para o sucesso do reuso da água na hidroponia são o planejamento, interesse político, incentivos fiscais, fiscalização e controle dos sistemas, estudo econômico e ambiental bem como a educação ambiental da população.

8. Referências

- ABREU, B. S. **Resíduos sólidos urbanos e seus aspectos sociais, econômicos e ambientais – estudo de caso**. 2009. 100 f. Dissertação de mestrado. CTRN – UFCG. Campina Grande, PB.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil/ Agência Nacional de Águas**. ANA, 2013. 432p.: II. ISBN 978-85882100-15-8. Disponível em<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeito/index.html> Acessado em 20 nov. 2016.
- ALI, B.I. Irrigation in arid regions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE**, New York, v.113, n.2, p.173-83, 1987.
- AL-KARAKI, G.; AL- AJMI, A.; OTAMAN, Y. Response of soilless grown bell pepper cultivars to salinity. **Acta horticulturae**, v.8, p. 227-323, 2009.
- ALMEIDA, P. C. de F. **Avaliação das condições ambientais e higiênicosanitárias na produção de hortaliças Folhosas no núcleo horticola suburbano de Vargem Bonita, Distrito Federal**. 2008. 103 f. Dissertação de mestrado – Universidade Católica de Brasília, DF.
- ALMEIDA, R. G. Aspectos legais para a água de reúso. **Vértices**, Campos dos Goytacazes (RJ), v.13, n.2, p. 31-43. 2011.
- AL-ZBOON, K.; AL-ANANZEH, N. Performance of wastewater treatment plant in Jordan and suitability for reuse. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 15, p. 2621-2629, 2008.
- AMORIM, D. M. B.; NOTARO, I. A.; FURTADO, D. A.; GHEYI, H. R.; BARACUHY, J. G. V. Avaliação de diferentes níveis de salinidade da água utilizada na produção de forragem hidropônica de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.339-342, 2005.
- ANDRADE, M. P. R. DE; SILVA, A. R. P. DA. **Marketing do Comportamento do consumidor e da comercialização da alface hidropônica**. Congresso norte nordeste de pesquisa e inovação, 5, 2010, Maceió. **Anais...** Maceió: IFAL 2010.

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 17th ed., Gaithersburg: Ed. William Horwitz, 2002.

ARAÚJO, A. C. Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade: um diálogo entre Carlos Walter Porto-Gonçalves e Enrique Leff. Campo-Território: **Revista de Geografia Agrária**, v. 8, n. 15, p. 1-6, 2013.

ARAUJO, T. S.; FIDELES FILHO J.; KUMAR, K.K. RAO, T. V. R. Crescimento de alface americana em função dos ambientes, épocas e graus-dia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife. v.5 p.441-449, 2010.

ARBOS, K. A. **Qualidade sanitaria e nutricional de hortícolas orgânicas**. 2009. 161 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná.

ARRUDA G. A. **Manual de higiene para Manipuladores de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Ponto Crítico, 2002.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 153p. FAO, 1999.

AZEVEDO, M.; KONIG, A.; BELTRÃO, N.; AZEVEDO, C.; TAVARES, T.; SOARES, F. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 2, p. 63- 68, 2007.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BASTOS, R. K. X. 1999. **Fertirrigação com águas residuárias**. In: Folegatti, MV (ed). **Fertirrigação: Citrus Flores Hortaliças**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda p.279-291.

BERBARI, S. A. G.; PASCHOALINO, J. E.; SILVEIRA, N. F. **Efeito do cloro na água de lavagem para desinfecção de alface minimamente processada**. **Ciênc.Tecnol. Alim.** Campinas, v. 21, n. 2, p. 197-201, 2001.

BOINK, A.; SPEIJERS, G. Health effect of nitrates and nitrites, a review. **Acta Horticulturae**, n. 563, p. 29-36, 2001.

BONINI, M. A.; SATO, L. M.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos químico e físicos de um Latossolo Vermelho irrigado com água residuária e vinhaça. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 20, p. 56-63, 2014.

BOYDEN, B.H.; RABABAH, A.A. **Recycling nutrients from municipal wastewater. Desalination**, v.106, n.1-3. p.241-246, 1996.

BRANCO, R.B.F.; MAY, A.; SALATIEL, L.T.; PRESOTTI, L.E.; CAVARIANNI, R.L.; CECÍLIO FILHO, A.B. Avaliação de cultivares de alface, cultivadas em hidroponia, em três épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 701-702, 2001.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de agrologia – SUDENE. 1971. **Levantamento exploratório. Reconhecimento de solos do estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: 1971. p. 670. (Boletim Técnico, 15).

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA), Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico Sobre Os Padrões Microbiológicos para Alimentos**. Diário Oficial. Brasília, DF. 10 de janeiro de 2011.

BRUNO L. M.; QUEIROZ, N. A. M.; ANDRADE, A. P. C.; VASCONCELOS, N. M.; BORGES, M. F. Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processadas comercializadas em fortaleza (CE). **Boletim Ceppa**, Curitiba. 2005; v. 23(1):75-84.

CALDART, R. S.; PEREIRA, I. B.; ALENTEJANO, P.; FRIGOTTO, G. (Org.). **Dicionário da Educação do Campo**. Rio de Janeiro/ São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Expressão Popular, 2012.

CANDIDO, G. A. **Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: Formas de aplicações em contextos geográficos diversos e contingências específicas**. Campina Grande – PB: Ed. UFCG, 2010.

CARVALHO, P. C. M.; MONTENEGRO, F. F. D. **Experiências adquiridas na implementação da primeira instalação de osmose reversa acionada por painéis fotovoltaicos do Brasil**. 3º AGRENER, Campinas, SP, 2000.

CHAE, Y. M. & TABTABAI, M. A. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. **Journal of Environmental Quality**, v.15, p.193-198, 1986.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. 2.ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.5).

CHRISTOVÃO, D. de A. **Relatividade do significado do índice coliforme e proposição de índice corrigido**. Arq. Fac. Hig. S. Paulo, v.11, n.1, p. 89-96, 1957.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S; ZONTA, E; MARY, W; FERNANDES, M. S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico - Sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.252-257, 2008.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> . Acesso em: 8 out. 2016.

COOPER, M. 2008. **Degradação e Recuperação de Solos**. Piracicaba, 31p.

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, v.20, n.1, p.67-82, 2006.

COSTA, AMB; MELO, JG; SILVA, FM. Aspectos da salinização das Águas do aquífero Cristalino nenhum Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, v.20, p.67-82, 2006.

CREA-PR. Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná. Uso e reuso da água. 2010. (Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar).

CUBA, R. S.; CARMO, J. R.; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente & Água**. V.10, n.3, 2015.

CUPINI, D. M.; ZOTTI, N. C.; LEITE, J. A. O. Efeito da irrigação na produção da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.), variedade "Pira Roxa" manejada através de "Tanque Classe A" em ambiente protegido. **Perspectiva**, v.34, p.53-61, 2010.

DAL'SOTTO, T. C. **Estudo de viabilidade econômica para implantação de um sistema de cultivo hidropônico em uma propriedade rural no oeste do Paraná.** 2013. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

DIAMANTE, M. S.; SEABRA JR. S.; INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 133-140, 2013.

DIPLOMATIE, A. **Stratégiques et Relations Internationales. L'eau, d'aujourd'hui... à demain, Les Grands Dossiers.** *Atlas Géostratégique*, n. 18 p. 14, 2014.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection.** Berlin: Springer-Verlag, 224p, 1991.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: **Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria**, 45. 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, p. 255-258, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura – Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 3º edição revista e ampliada. Viçosa: UFV, 412 p. 2008.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. 2005. Global consequences of land use. **Science**, v.309, n.5734, p.570-574

FREIRE, M. B. G. S. & FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por saís. In: NOVAIS, R. F.; et al. (ed.). **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 929-954. 2007.

FURLANI, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: IAC, 1995. 18p. (Documentos, 55).

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 5p. (Boletim técnico, 180).

GARCIA, G. O.; MARTINS FILHO, S.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; NAZÁRIO, A. A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.1, p.7-18, 2008.

GEISENHOFF, L. O.; PEREIRA, G. M.; FARIA, L. C.; JÚNIOR, J. A. L. DE; COSTA, G. G.; GATTO, R. F. Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras – MG. **Agrarian**, v.2, n.6, p.61-69, 2010.

GONDIM, A. R. O; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R.G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NTF. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 894-904. 2010.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUIMARAES, A. M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 7-11, 2009.

HAMODA, M.F.; AL-AWADI, S.M. Improvement of effluent quality for reuse in a dairy farm. **Water Science and Technology**, Londres, v.33, n.10-11, p.79-85, 1996.

HELBEL JÚNIOR, C. REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L. DE; FRIZZONE, J. A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1142-1147, 2008.

HELBEL JUNIOR, C.; REZENDE, FRIZZONE, R. J. A.; SANTOS, H. S.; DALLACORT, R. Produção hidropônica da cultura da alface com soluções nutritivas e vazões distintas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 391-395, 2007.

HELBEL JUNIOR, C.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1142-1147, 2008.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. Tipos de Alface Cultivados no Brasil. **Comunicado Técnico 75**. Brasília, DF Novembro, 2009.

HOLT, P.; JAMES, E. (2006). Wastewater reuse in Urban Environment: selection of technologies. Landcom's WSUD strategy. Austrália, 2006.

HOLVOET, K.; SAMPERS, I.; SEYNNAEVE, M.; JACXSENS, L.; UYTENDAELE, M. Agricultural and management practices and bacterial contamination in greenhouse versus open field lettuce production. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, n. 1, p. 32-63, 2014.

HOTTA, L. F. K. Interação de progênies de alface do grupo americano por épocas de cultivo. 98p., **Dissertação** (Mestrado em Horticultura) Faculdade de ciências agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. CENSO AGROPECUÁRIO IBGE (2006) 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em 21 nov. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. **Esgotamento Sanitário. Disponível em:** http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabpdf_e_sgot_san.shtm>. Acessado em 21 nov. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2013. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais. Disponível em:** <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/>>Acessado em 21 nov. 2016.

INTERNATIONAL GEOSPHERE-BIOSPHERE PROGRAMME (IGBP) 2015. Disponível em: < <http://pt.slideshare.net/IGBPSecretariat> >. Acesso em: 24 novembro 2016.

JÉQUIER, E.; CONSTANT, F. Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration. **European Journal of clinical nutrition**, v. 64, p. 115-23, 2010.

KALAVROUZOTIS, I.K.; KOUKOULAKIS, P.H.; SAKELLARIOU-MAKRANTONAKI, M.; PAPANIKOLAOU, C. Effects of treated municipal wastewater on the essential nutrients interactions in the plant of Brassica oleracea var. Italica. **Desalination**, v.242, p.297-312, 2009.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. 2001. Áreas degradadas e sua recuperação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.10-17.

LARSEN, T. A.; PETERS, I.; ALDER, A.; EGGEN, R.; MAUREN, M.; MUNCKE, J. Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management. **Environmental Science Technologies**, v.35, p.192-197, 2001.

LEE, C. C.; JIANG, L. Y.; KUO, Y. L.; HSIEH, C. Y.; CHEN, C. S.; TIEN, C. J. The potential role of water quality parameters on occurrence of nonylphenol and bisphenol A and identification of their discharge sources in the river ecosystems. *Chemosphere*, v. 91, p. 904-911, 2013.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**.4 ed. São Paulo: Cortez, 2007.

LOPES, J. C. RIBEIRO. L. G.; ARAÚJO, M. G. de; BERALDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 143-147, 2005.

MAGALHÃES AG; MENEZES D; RESENDE LV; BEZERRA NETO E.. Desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. **Horticultura Brasileira** v. 28, p. 316-320. 2010.

MAGALHÃES AG; MESQUITA JCP; MENEZES D; RESENDE LV; MELO RO. 2005. Linhagens e cultivares de alface de folhas lisas sob cultivo hidropônico. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA**, 45. **Resumos...** Fortaleza: SOB (CD-ROM).

MAJOR, I.; SALES, J. C. 2012. Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.fdr.com.br/mudancasclimaticas/index.php>>acessado em 16 de junho de 2015.

MALHEIROS, S. M. M.; SILVA, E. F. DE F. E; MEDEIROS, P. R. F. DE; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1085-1092, 2012.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, **Núcleo de Informações em Saúde Ambiental**.São Paulo: Manole, 2003.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, v. 28, n.1, p. 7 – 28, 1998.

MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 2002. 61p. Caderno Didático, n.1.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora UNESP, 2010. 568p.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Cultivo de flores com o uso de água residuária e suplementação mineral. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.1071-1080, 2010.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérbera: efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.569-578, 2007.

MONTEIRO FILHO A. F.; **Análise técnica e econômica da alface crespa cultivada hidroponicamente com soluções minerais e organominerais otimizadas. 2015. 165 p. Tese Doutorado**. Campina Grande, PB.

MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. S.; SILVA, E. C.; CARVALHO, J. G.; YURI, J. E. 2001. Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 542-549.

NEAL, C.; REYNOLDS, B.; ROWLAND, P.; NORRIS, D.; KIRCHNER, J. W.; NEAL, M.; SLEEP, D.; LAWLOR, A.; WOODS, C.; THACKER, S.; GUYATT, H.; VINCENT, C.; HOCKENHULL, K.; WICKHAM, H.; HARMAN, S.; ARMSTRONG, L.. High-frequency water quality time series in precipitation and streamflow: From fragmentary signals to scientific challenge. **The Science of the Total Environment**, v. 434, p. 3-12, 2012.

NETO, A. DE OA; GOMES, CCS; LINS, CCV; BARROS, AC; CAMPECHE, LF DE SM; BLANCO, FF. Características Químicas e Salino-sodicidade DOS solos do Perímetro irrigado Califórnia, SE, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, p.1640-1645, 2007.

NICHOLLS, C. I., ALTIERI, M. A. **Agroecologia y cambio climatico: metodologias para evaluar la resiliencia socio-ecologica en comunidades rurales Red Ibero Americana de**

Agroecologia para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático (REDAGRES). Lima, Peru: Gama Grafica, 2013.

NOBILE, F. O.; GALBIATTI, J. A.; MURAISHI, R. I. Fertilizantes orgânicos e resíduo de bauxita na disponibilidade de nutrientes e nutrição da cana-de-açúcar irrigada com água potável e residuária. **Comunicata Scientiae**, v.3, p.115-122, 2012.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. Coordenação Ariovaldo Nuvolari. São Paulo: Edgard Blüncher, 2003, 520p.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Desenvolvimento Sustentável**, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisara-de-60-mais-alimentos-e-40-mais-agua/> Acessado em 03 de jan. de 2017.

OTTOSON, J.; NORSTRO, A.; DALHAMMAR, G. Removal of micro-organisms in a small-scale hydroponics wastewater treatment system. **The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology**. n, 40, p. 443-447, 2005.

OYAMA, N., NAIR, J. and HO, G. E. **Utilising na integrated wastewater hydroponics system for small scale use. Water and Environmental management series**, p. 13-23, 2008.

PAULUS, D. **Produção, qualidade, parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 2008. 105p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.29-35, 2010.

PERIN, K. Reuso de efluente de lagoa de polimento no cultivo de alface hidropônica (*Lactuca sativa* L.) e de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). 2006. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, 2006

POTRICH, A. C. G., PINHEIRO, R. R., & SCHMIDT, D. Alface hidropônica como alternativa de produção de alimentos de forma sustentável. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p. 36-48, 2012.

QUIROZ, H. C. T. 2009. Potencial fitorremediador da *Atriplex nummularia* em solos salinizados e sodificados pelo reúso de efluentes de esgotos tratados na agricultura. 2009. 83f. (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RABABAH, A. Hydroponics Removal of Wastewater's Contaminants for the Generation of Commercially Valuable Plants and Environmentally Sound Effluent for The Dead Sea Communities. **Jordan Journal of Civil Engineering**, v 1, n.. 3, 2007.

RASCHID-SALLY, L; JAYAKODY, P. 2008. Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries: Results from a global assessment. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 35p. (IWMI Research Report 127).

REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. cap. 4, p. 117-151.

REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. DA S.; GONZAGA, M. I. DA S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. DE. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Caatinga**, v.23, p.97-102, 2010.

RESH, H. M. Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. Santa Barbara: Woodbridge Press Publishing Company, p. 297-298, 2001.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. S. 2009. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (eds.). Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.449-484.

RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FÁBIO, H. S.F.; FÁTIMA, C. R.; FARIA, L. A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 569-577, 2009.

RODINI, T. C. S. **Olhares pareceres e sentimentos vindos da educação ambiental: bairro Cercadinho**, em Campo Largo (PR) no contexto da Sustentabilidade Local. 208 f (Mestrado em Organização e Desenvolvimento). FAE Centro Universitário. Curitiba, 2010.

RODRIGUES D. F.; VIEIRA F.C.; RODRIGUES M.E.F. Metahemoglobinemia: etiopatogenia e quadro clínico. - **Revista de Pediatria SOPERJ**, v. 12, n. 1, p 8-11, 2011.

SAAVAS, D.; STAMATI, E.; TSIROGIROGIANJIS, I. L.; MARTZOS, N.; BAROUCOAS, P.E; KATSOULAS, N.; KITTAS, C.; Interaction between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. **Agricultural water Management**, v. 91, n.1, p. 105-111, 2007.

SAGASTA, JM; MEDLICOTT, K; QADIR, M; RASCHID-SALLY, L; DRECHSEL, P; LIEBE, J. 2013. **The safe use of wastewater in agriculture project**. In. LIEBE, J; ARDAKANIAN, R. (eds) Proceeding of the UN -WATER project on the Safe Use of Wastewater in Agriculture. Germany: UNW-DPC p.9-38

SANCHES, A. B. **Avaliação da sustentabilidade de sistemas de tratamento de esgotos sanitários**: uma proposta metodológica. 2009 - 247 p; Tese de Doutorado - Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 17-29, 2007.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; BARROS JÚNIOR, G. SANTOS, J. K. L.; BRITO, E. T. F. S. Uso racional da água: Ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro. **Ambi-Agua**, v.8, p.263-271, 2013.

SANTOS, O.S. (Org.). 2012. **Cultivo hidropônico**. Santa Maria: UFSM. 264p

SANTOS, A. N. Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface em sistema NFT no semiárido brasileiro utilizando águas salobras. 2009. 133p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

SANTOS, J. G.; PIVELI, R. P.; CAMPOS, F; SUNDEFELD G; SOUSA, T. S.; CUTOLO, S.A. Análise parasitológica em efluente de estações de tratamento de águas residuárias. **Patologia Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 319-336, 2012.

SANTOS, R. N. C; MINAMI, K. **Cultivo hidropônico do meloeiro**. Piracicaba: ESALQ, (Série Produtor Rural, Edição Especial). 2002. 38 p.

SCHIAVO, J.A.; SILVA, C.A.; ROSSET, J.S.; SECRETTI, M.L.; SOUSA, R.A.C.; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, p.322-329, 2010.

SHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente e Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 17-32, 2014.

SILVA E. T; SCHWONKA F. Viabilidade econômica para a produção de alface no sistema hidropônico em Colombo, região metropolitana de Curitiba, PR. **Scientia Agraria**, v.2, n. 1-2, p. 126-132, 2006.

SILVA, L. V; BRAGA, M. C. B, **Abordagem para o desenvolvimento de um questionário de percepção ambiental em uma bacia hidrográfica Urbana**, Disponível em: <http://www.fae.edu/seminario_sustentabilidade/artigos.asp>. Acesso em 11 dez. 2010.

SILVA, N. da; CANTÚSIO NETO, R.; JUNQUEIRA, V. C. A; SILVEIRA, N. F. de A. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. São Paulo: Livraria Varela, 2005. 164 p.

SMANIOTO, T. L.; PIROLO, N. J.; SIMIONATO, E. M. R. S.; ARRUDA, M. C. Qualidade microbiológica de frutas e hortaliças minimamente processadas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, 68(1):150-4, 2009.

SOARES T. M. (2007) **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT com alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 267p.

SOARES, I. **Alface: cultivo hidropônico**. Fortaleza: UFC, 50p. 2002.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S.N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-MARIA, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, Botucatu, v.12, n. 2, p. 235-248, 2007.

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O. DA; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. DE F. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.730-737, 2006.

SOUSA, J. T. L.; LEITE, V. D.; L, J. G. Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 5, n.1, p. 107-110, 2001.

SOUZA, R. M. DE; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S., SOARES, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Caatinga**, v.23, p.125-133, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T. Benefits and legacy of the water crisis in Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 2, 2015.

TEIXEIRA, J.B. (2014) Saneamento rural no Brasil - perspectivas. In: REZENDE, S.C. (org.). Cadernos temáticos v. 7. In: HELLER, L.; MORAES, L. R. S.; BRITTO, A. L. N. P.; BORJA, P. C.; REZENDE, S. C. (cCoord.). **Panorama do saneamento básico no Brasil. Brasília**: Ministério das Cidades.

TOMASETTO, M. Z. de C.; LIMA, J. F. de; SHIKIDA, P. F. A.. Desenvolvimento local e agricultura familiar: o caso da produção de açúcar mascavo em Capanema - Paraná. **Interações**, Campo Grande, v. 10, n. 1, p. 21-30, 2009.

TRANI, P. E.; NOVO, M. C. S. S.; CAVALLARO JÚNIOR, M. L.; GONÇALVES, C.; MAGGIO, M. A.; GIUSTO, A. B.; VAILATI, M. L. Desempenho de cultivares de alface sob cultivo protegido. **Bragantia**, v.65, n.3, p.441-445, 2006.

TRANI, P.E. Hortaliças folhosas e condimentos. In: PEREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/ POTAFOS, p.293-310, 2001.

UNO - United Nations Organization. 2006, 5 de março. **World Urbanization Prospects: The 2005 Revision**. 13 de junho. Disponível em: <http://www.un.org>

VAN DYK, B. N.; DE BRUIN, W.; DU PLESSIS, E. M.; KORSTEN, L. Microbiological food safety status of commercially produced tomatoes from production to marketing. **Journal of Food Protection**, v. 79, n. 3, p. 392-406, 2016.

VAN HANDEL, A. C. LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbio de Esgoto: Um Manual para Regiões de Clima Quente**, Epgraf, Campina Grande PB, 1994.

VON SPERLING, MARCOS. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1)**. Belo Horizonte: DESA-UFGM, 452p. 2005.

WORD HEALTH ORGAZINATION - WHO. **Water Security & the Global Water. Agenda AUN-Water Analytical Brief**. Canada, 2013. (Report of a WHO meeting of experts). Disponível em: <<http://whqlibdoc.who.int/publications/9241545747.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2015.